

RUNNING ROAD DETECTING DEVICE

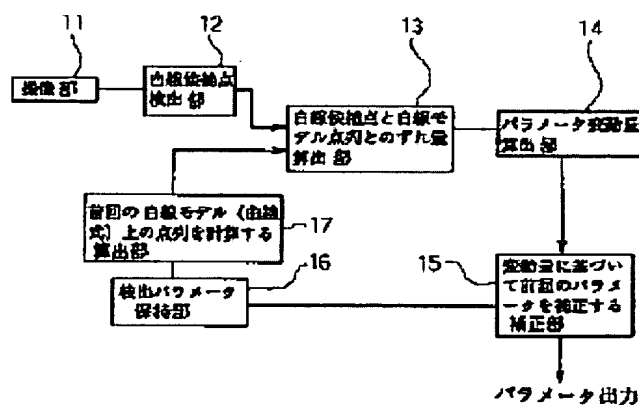
A2

Patent number: JP8005388
Publication date: 1996-01-12
Inventor: KANEHARA KAZUHIKO; others: 02
Applicant: NISSAN MOTOR CO LTD
Classification:
 - international: G01C21/00; B60R21/00; G06T1/00; G06T7/60; G08G1/09
 - european:
Application number: JP19940163052 19940621
Priority number(s):

Abstract of JP8005388

PURPOSE: To identify the three-dimensional shape of a road, and position and attitude of a vehicle on the road, with a less arithmetic load.

CONSTITUTION: A proposed white line point detector 12 is to detect a proposed white line point on a road image made by an imaging circuit 11. A virtual proposed white line point calculated from a parameter descriptive equation is compared with an actual information on the position, and the parameter is updated through the comparison. The update parameter is held by a holding section 16 to be used for a comparison by the next road image through a calculating section 13. The parameter descriptive equation is an approximate expression to a quadratic curve and described on the coordinates system of a road image. Two or more parameters used are related to a position and attitude of a vehicle. This completely eliminates the need for data coordinates conversion, thereby speeding up processing, enhancing detection accuracy, and achieving interruption into other arithmetic processing.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-5388

(43) 公開日 平成8年(1996)1月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 21/00	A			
B 6 0 R 21/00	6 3 0	8817-3D		
G 0 6 T 1/00				
		9061-5H	G 0 6 F 15/ 62	3 8 0
			15/ 70	3 5 0 Z
			審査請求 未請求 請求項の数23	F D (全 37 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-163052

(22) 出願日 平成6年(1994)6月21日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 金原 和彦

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72) 発明者 白▲土▼ 良太

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72) 発明者 農宗 干典

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

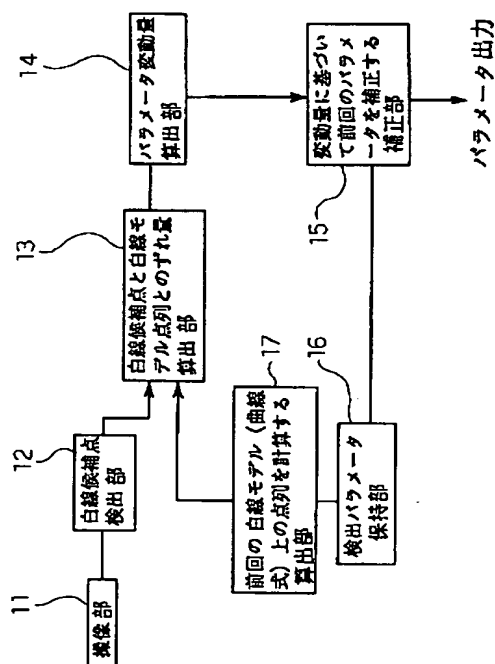
(74) 代理人 弁理士 菊谷 公男 (外3名)

(54) 【発明の名称】 走行路検出装置

(57) 【要約】

【目的】 道路の三次元形状と道路上の自車両位置、姿勢を少ない演算負荷で認識する。

【構成】 白線候補点検出部12は、撮像部11による路面画像上の白線候補点を検出する。パラメータ記述式から算出した仮想的な白線候補点と実際の位置情報とを比較し、この比較結果に基づいてパラメータの最新値を算出する。最新のパラメータが検出パラメータ保持部16に保持され、次の路面画像による算出部13の比較処理に供される。パラメータ記述式は、路面画像の座標系で記述された2次曲線近似式であって、複数のパラメータは、自車両位置、姿勢等に関連付けてある。これにより、データ座標変換の演算が全く不要となり、処理速度の向上、検出精度の向上、他の演算処理の割り込み等が実現された。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段を有し、前記路面画像上の白線を検出して、路面の三次元形状と路面に対する車両の相対位置関係とを識別する走行路検出装置において、

前記白線の二次曲線近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅にそれぞれ関連付けた複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、

路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系を用いた位置情報を求める白線候補点検出手段と、

前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線候補点に対して、路面画像から求めた最新の白線候補点の前記位置情報を比較して、前記複数のパラメータの最新値を求めて、前記検出パラメータ保持手段の前記複数のパラメータを更新させるパラメータ補正手段と、を有することを特徴とする走行路検出装置。

【請求項 2】 前記パラメータ補正手段は、前記仮想的な白線候補点と最新の白線候補点とのずれ量を算出するずれ量算出手段と、

前記ずれ量に基づいて前記複数のパラメータの変動量を算出するパラメータ変動量算出手段と、を含み、かつ、前記パラメータ変動量算出手段は、最小二乗法を用いて前記パラメータ変動量を算出することを特徴とする請求項 1 記載の走行路検出装置。

【請求項 3】 前記パラメータ補正手段は、更新した最新のの前記複数のパラメータに基づいて、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜を算出して出力する道路形状出力手段を含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の走行路検出装置。

【請求項 4】 前記パラメータ記述式は、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅に関連付けた複数のパラメータをそれぞれ a、b、c、d、e とし、路面画像の座標系を x、y とし、k を整数として、

$$x = (a + k e) (y - d) + b / (y - d) + c$$

であることを特徴とする請求項 1、2、または 3 記載の走行路検出装置。

【請求項 5】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた 2 つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、

前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した

2

複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、

前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、

前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、

前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の 1 本の白線にも前記小領域を割り当ててことを特徴とする走行路検出装置。

【請求項 6】 前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅と自車線内の自車両位置との差を検知し、車両が一方の白線に接近して前記差が所定の判定基準値範囲をはみだした場合には、その白線と両側の 2 本の白線を含む 3 本の白線に対して前記小領域を割り当ててことを特徴とする請求項 5 記載の走行路検出装置。

【請求項 7】 前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅と自車線内の自車両位置との差を検知し、車両が一方の白線を越えた後に前記差が所定の判定基準値範囲の中に入った場合には、新しい自車線の両側の 2 本の白線のみに対して前記小領域を割り当ててことを特徴とする請求項 5 記載の走行路検出装置。

【請求項 8】 前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅に関連付けて予め設定した定数を保持しており、前記走行車線の幅については、前記パラメータ推定手段と無関係に、一定の値を用いて前記差の検知を行うことを特徴とする請求項 5、6、または 7 記載の走行路検出装置。

【請求項 9】 前記白線候補点検出領域設定手段は、前記小領域を設定すべき白線の本数が変化しても、前記小領域の割り当ての合計数を変化させずに小領域を設定することを特徴とする請求項 5、6、7、または 8 記載の走行路検出装置。

【請求項 10】 前記白線候補点検出領域設定手段は、3 本の白線に対して前記小領域を割り当て際に、接近した白線に対して、両側の他の 2 本の白線のいずれに割り当てより多くの前記小領域を割り当ててことを特徴とする請求項 5、6、7、8、または 9 記載の走行路検出装置。

【請求項 11】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた 2 つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置にお

3

いて、

前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、

前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、

前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、

前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、自車両の方向指示器が操作されているか否かを識別する方向指示判別手段と、

自車両が一方の前記白線に接近した際に、方向指示判別手段によって方向指示器の非操作が識別された場合には、運転者に対して警報を出力する警報発生手段と、を設けたことを特徴とする走行路検出装置。

【請求項12】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、

前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、

前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、

前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、

前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、

前記路面画像上の自車線領域を認識する車線領域認識手段と、

前記車線領域認識手段で認識される車線領域について前方の障害物を検出する障害物検出手段と、

前記障害物検出手段で検出される障害物と車両との衝突の可能性を判断する衝突可能性判断手段と、

4

衝突の可能性が肯定された場合に運転者に対して警報を出力する警報発生手段と、を有することを特徴とする走行路検出装置。

【請求項13】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、

前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、

前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、

前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、

前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段が定めた白線の検出本数によって認識する領域を変化させる車線領域認識手段と、

車両が白線に接近して外側の白線に前記小領域が割り当てられた際に隣接車線領域の障害物の有無を識別する隣接車線障害物検出手段と、

前記障害物が存在する場合に、その障害物に衝突することなく車線変更が可能か否かを判断する車線変更可否判断手段と、を有することを特徴とする走行路検出装置。

【請求項14】 車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段とを有し、前記路面画像上の白線を検出して、路面の三次元形状と路面に対する車両の相対位置関係とを識別する走行路検出装置において、

前記白線の近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、

路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系を用いた位置情報を求める白線候補点検出手段と、

前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線候補点に対して、路面画像から求めた最新の白線候補点の前記位置情報を比較して、前記複数のパラメータの最新値を求めて、前記検出パラメータ保持手段の前記複数のパラメータを更新

させるパラメータ補正手段と、を有するとともに、
自車線の先行車両によって前記白線が遮断される範囲を
求める白線遮蔽範囲検出手段と、

前記パラメータ記述式として、白線を二次曲線で近似し
た第 1 パラメータ記述式と、前記白線が遮蔽された場合
に適合させて第 1 パラメータ記述式を簡略化した第 2 パ
ラメータ記述式とを記憶させた複数の白線モデル記憶手
段と、

前記白線遮蔽範囲検出手段の検出状態に応じて前記複数
の白線モデル記憶手段における複数のパラメータ記述式
を選択し、前記白線が遮蔽された場合には、前記パラ
メータ補正手段に第 2 パラメータ記述式による処理を実行
させる白線モデル切り換え手段と、を設けたことを特徴
とする走行路検出装置。

【請求項 15】 前記白線遮蔽範囲検出手段は、前記路
面画像から自車線上の先行車両を識別して先行車両の位
置を求める車両位置検出手段と、求められた車両位置に
基づいて白線が遮蔽される範囲を推定する遮蔽範囲推定
手段と、を有することを特徴とする請求項 14 記載の走
行路検出装置。

【請求項 16】 前記車両位置検出手段は、前記路面画
像から先行車両の両側端座標を求めて先行車両の位置を
計算することを特徴とする請求項 15 記載の走行路検出
装置。

【請求項 17】 前記車両位置検出手段は、前記路面画
像から先行車両の下端座標を求めて先行車両の位置を計
算することを特徴とする請求項 15 記載の走行路検出装
置。

【請求項 18】 前記白線遮蔽範囲検出手段は、
複数の指向性方向で先行車両を検知して、それぞれの方
向で障害物までの距離を計測可能な車間距離検出手段
と、
前記パラメータに基づいて自車線の先行車両が前記複数
の指向性のいずれに相当しているかを識別する自車走行
レーン認識手段と、
自車走行レーン認識手段の識別結果に基づいて、前記車
間距離検出手段が求めた複数の車間距離から自車線上の
先行車両の車間距離を選択する車間距離値選択手段と、
を含むことを特徴とする請求項 14 記載の走行路検出装
置。

【請求項 19】 第 1 パラメータ記述式は、走行車線内
の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾
き、道路の傾斜、道路幅にそれぞれ関連付けた 5 つの
パラメータを含み、一方、第 2 パラメータ記述式は、道路
の平面曲率に関連付けた 1 つを除く 4 つのパラメータを
含むことを特徴とする請求項 14、15、16、17、
または 18 記載の走行路検出装置。

【請求項 20】 第 1 パラメータ記述式は二次曲線式、
第 2 パラメータ記述式は一次直線式であることを特徴と
する請求項 14、15、16、17、18、または 19

記載の走行路検出装置。

【請求項 21】 前記パラメータ補正手段は、選択され
たパラメータ記述式による仮想的な白線候補点と前記路
面画像から求めた最新の白線候補点とのずれ量を算出す
るずれ量算出手段と、

前記ずれ量に基づいて前記複数のパラメータの変動量を
算出するパラメータ変動量算出手段と、を含み、かつ、
前記パラメータ変動量算出手段は、最小二乗法を用いて
前記パラメータ変動量を算出することを特徴とする請求
項 14、15、16、17、18、19、または 20 記
載の走行路検出装置。

【請求項 22】 前記パラメータ補正手段は、更新した
前記複数のパラメータに基づいて道路の三次元形状を算
出し、直ちに出力する道路形状出力手段を含むことを特
徴とする請求項 14、15、16、17、18、19、
20、または 21 記載の走行路検出装置。

【請求項 23】 走行車線内の車両位置、道路の平面曲
率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅にそ
れぞれ関連付けたパラメータを a、b、c、d、e と
し、前記路面画像の座標系を x、y とし、i を整数とす
るとき、第 1 パラメータ記述式は、

$$x = (a + i e) (y - d) + b / (y - d) + c$$

であり、一方、第 2 パラメータ記述式は、

$$x = (a + i e) (y - d) + c$$

であることを特徴とする請求項 14、15、16、1
7、18、19、20、21、または 22 記載の走行路
検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車や無人搬送車等
における走行道路領域を画像処理によって認識する走行
路検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車や無人搬送車等における「危険回
避のための補助的な警報発生」、「人間の判断操作の補
助」、「全面的な自動運転」等を目的として、種々の形
式の走行路検出装置が研究されている。走行路検出装置
の一例は、走行路面の画像を採取し、画像処理して白線
部分を際立たせる撮像入力手段と、路面画像の座標系を
用いて路面画像上の白線の位置を記述する白線検出手段
と、路面画像の座標系で記述された白線の位置情報に基
づいて道路の三次元形状を推定する推定演算手段とを含
む。走行路検出装置では、刻々の車両前方の路面の三次
元形状を $1/10 \sim 1/100$ 秒と言ったごく短い時間
で割り出す必要がある。しかし、路面画像から道路の三
次元関数を厳密に割り出すには膨大な演算処理が必要で
ある。従って、画像処理から三次元形状の推定に至る各
段階の処理について種々の近似や簡略化を施している。

【0003】一般道路を走行する車両における走行路検
出装置が、第 7 回「産業における画像センシングシボ

ジウム（平成4年7月7日）」において発表された「連続道路画像からの道路構造と車両姿勢の実時間推定」という論文に記載されている。この論文は、路面画像から抽出した白線の画像データから、道路曲率、勾配、さらには車両姿勢（ピッチ角、ヨー角、ロール角）を同時に推定する手法について述べている。その手法の概念図を図37に示す。白線モデルとしては、道路座標系（X、Y、Z）によって記述される多次曲線を用いる。入力された画像から白線候補を抽出し、画像座標（x、y）からカメラ座標（U、V、W）へ、カメラ座標（U、V、W）からさらに道路座標（X、Y、Z）へという2段階の座標変換を経て、白線候補を道路座標系（X、Y、Z）上に投影したものと、前時刻の白線候補に基づく道路モデルとを比較する。比較結果に基づいて多次曲線式のパラメータの各数値が確定される。これらの数値で道路モデルの多次曲線式を更新しつつ、上述の走行路と車両姿勢を認識する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この従来例の走行路検出装置は、（1）白線の関数で道路形状を記述し、白線のみを補足する、（2）白線上の限定された個数の白線候補のみについて座標値を決定し、演算に供する、（3）道路モデルの関数を一定とし、関数に含まれるパラメータ部分のみを順次更新する、等の手法を採用しており、従来の処理に比較すれば必要な演算数を大幅に削減している。これにより、やや特殊な演算装置を必要とするものの、毎秒30画面を取り込んでリアルタイムに道路形状、車両位置、および車両姿勢を演算して出力することが可能である。

【0005】しかし、現実には走行路検出装置を車両に搭載する実用化の観点からは、さらに低速かつ小容量で、より一般的な構造の演算装置を利用して、同等以上の速度で演算出力できることが望まれる。また、車両に搭載される演算装置には、道路の三次元形状の認識にとどまらず、認識結果に基づく他の演算処理を割り込み処理できることが望まれる。例えば、路面画像上での先行車両の認識、車線変更に対する警報等である。この観点から見れば、従来例の走行路検出装置は、道路モデルと画像から得られた白線候補との比較に際して、画像座標系から道路座標系への2段階の座標変換を行わなければならないため、計算が非常に複雑になるという問題があった。

【0006】一方、走行路検出装置を利用する機会が多い高速道路等は、300R以上の曲率一定の緩やかなカーブや勾配によって構成されるため、道路モデルを従来例のような多次式で近似しなくても実用的な結果が得られる可能性がある。また、高速道路では、車両のロール角は無視し得る。結局のところ、従来例の走行路検出装置では、画像処理から求める位置座標の誤差から見て、高速道路等では不必要なほどの厳密な近似を行っている

問題があった。

【0007】本発明は、演算の負荷をさらに軽減して、少ない演算能力でも高速かつ高精度に道路の三次元形状等を出力できる走行路検出装置を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段を有し、前記路面画像上の白線を検出して、路面の三次元形状と路面に対する車両の相対位置関係とを識別する走行路検出装置において、前記白線の二次曲線近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅にそれぞれ関連付けた複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系を用いた位置情報を求める白線候補点検出手段と、前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線候補点に対して、路面画像から求めた最新の白線候補点の前記位置情報を比較して、前記複数のパラメータの最新値を求めて、前記検出パラメータ保持手段の前記複数のパラメータを更新させるパラメータ補正手段と、を有するものとした。

【0009】請求項2の走行路検出装置は、請求項1記載の走行路検出装置において、前記パラメータ補正手段は、前記仮想的な白線候補点と最新の白線候補点とのずれ量を算出するずれ量算出手段と、前記ずれ量に基づいて前記複数のパラメータの変動量を算出するパラメータ変動量算出手段と、を含み、かつ、前記パラメータ変動量算出手段は、最小二乗法を用いて前記パラメータ変動量を算出するものとした。

【0010】請求項3の走行路検出装置は、請求項1または2記載の走行路検出装置において、前記パラメータ補正手段は、更新した最新の前記複数のパラメータに基づいて、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜を算出して出力する道路形状出力手段を含むものとした。

【0011】請求項4の走行路検出装置は、請求項1、2、または3記載の走行路検出装置において、前記パラメータ記述式は、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅に関連付けた複数のパラメータをそれぞれa、b、c、d、eとし、路面画像の座標系をx、yとし、kを整数として、 $x = (a + ke) / (y - d) + b / (y - d) + c$ であるものとした。

【0012】請求項5の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞ

9

れ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当てるものとした。

【0013】請求項6の走行路検出装置は、請求項5記載の走行路検出装置において、前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅と自車線内の自車両位置との差を検知し、車両が一方の白線に接近して前記差が所定の判定基準値範囲をはみだした場合には、その白線と両側の2本の白線を含む3本の白線に対して前記小領域を割り当てるものとした。

【0014】請求項7の走行路検出装置は、請求項5記載の走行路検出装置において、前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅と自車線内の自車両位置との差を検知し、車両が一方の白線を越えた後に前記差が所定の判定基準値範囲の中に入った場合には、新しい自車線の両側の2本の白線のみに対して前記小領域を割り当てるものとした。

【0015】請求項8の走行路検出装置は、請求項5、6、または7記載の走行路検出装置において、前記白線候補点検出領域設定手段は、走行車線の幅に関連付けて予め設定した定数を保持しており、前記走行車線の幅については、前記パラメータ推定手段と無関係に、一定の値を用いて前記差の検知を行うものとした。

【0016】請求項9の走行路検出装置は、請求項5、6、7、または8記載の走行路検出装置において、前記白線候補点検出領域設定手段は、前記小領域を設定すべき白線の本数が変化しても、前記小領域の割り当ての合計数を変化させずに小領域を設定するものとした。

【0017】請求項10の走行路検出装置は、請求項5、6、7、8、または9記載の走行路検出装置において、前記白線候補点検出領域設定手段は、3本の白線に対して前記小領域を割り当てる際に、接近した白線に対して、両側の他の2本の白線のいずれに割り当てるよりも多くの前記小領域を割り当てるものとした。

【0018】請求項11の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出す

10

る撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、自車両の方向指示器が操作されているか否かを識別する方向指示判別手段と、自車両が一方の前記白線に接近した際に、方向指示判別手段によって方向指示器の非操作が識別された場合には、運転者に対して警報を出力する警報発生手段と、を設けたものとした。

【0019】請求項12の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、前記路面画像上の自車線領域を認識する車線領域認識手段と、前記車線領域認識手段で認識される車線領域について前方の障害物を検出する障害物検出手段と、前記障害物検出手段で検出される障害物と車両との衝突の可能性を判断する衝突可能性判断手段と、衝突の可能性が肯定された場合に運転者に対して警報を出力する警報発生手段と、を有するものとした。

【0020】請求項13の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記白線の検出結果に基づいて、少なくとも走行車線の幅と自車線内の自車両位置とにそれぞれ関連付けられた2つの道路パラメータを刻々の前記路面画像について算出する道路パラメータ推定手段と、を有する走行路検出装置において、前記白線の推定位置に沿って前記路面画像上に設定した複数の小領域のそれぞれについて、前記画像処理手段が抽出した白線の通過位置座標を求める白線候補点検出手段と、前記路面画像上で前記小領域を設定すべき前記白線の本数と、それぞれの前記白線に対する小領域の割り当て数とを決定して、前記白線候補点検出手段に設定する白線候補点検出領域設定手段と、前記道路パラメータに基づいて自車線内の自車両位置を識別する自車偏位判断手段と、を有し、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段は、前記自車両位置に基づいて、前記小領域を設定すべき白線の本数と、それぞれの白線に対する前記小領域の割り当て数とを変更し、車両が一方の白線に接近した際には、接近方向の別の1本の白線にも前記小領域を割り当て、かつ、前記白線候補点検出領域設定手段が定めた白線の検出本数によって認識する領域を変化させる車線領域認識手段と、車両が白線に接近して外側の白線に前記小領域が割り当てられた際に隣接車線領域の障害物の有無を識別する隣接車線障害物検出手段と、前記障害物が存在する場合に、その障害物に衝突することなく車線変更が可能か否かを判断する車線変更可否判断手段と、を有するものとした。

【0021】請求項14の走行路検出装置は、車両前方の路面画像を採取し、画像処理して路面の白線を抽出する撮像入力手段と、前記路面画像上の白線を検出して、路面の三次元形状と路面に対する車両の相対位置関係とを識別する走行路検出装置において、前記白線の近似式を路面画像の座標系に変換したパラメータ記述式における複数のパラメータを保持する検出パラメータ保持手段と、路面画像上の前記白線に沿った複数の白線候補点について、路面画像の座標系を用いた位置情報を求める白線候補点検出手段と、前記検出パラメータ保持手段に保持した過去の複数のパラメータから演算した仮想的な白線候補点に対して、路面画像から求めた最新の白線候補点の前記位置情報を比較して、前記複数のパラメータの最新値を求めて、前記検出パラメータ保持手段の前記複数のパラメータを更新させるパラメータ補正手段と、を有するとともに、自車線の先行車両によって前記白線が遮断される範囲を求める白線遮蔽範囲検出手段と、前記パラメータ記述式として、白線を二次曲線で近似した第1パラメータ記述式と、前記白線が遮蔽された場合に適合させて第1パラメータ記述式を簡略化した第2パラメータ記述式とを記憶させた複数の白線モデル記憶手段と、前記白線遮蔽範囲検出手段の検出状態に応じ

て前記複数の白線モデル記憶手段における複数のパラメータ記述式を選択し、前記白線が遮蔽された場合には、前記パラメータ補正手段に第2パラメータ記述式による処理を実行させる白線モデル切り換え手段と、を設けたものとした。

【0022】請求項15の走行路検出装置は、請求項14記載の走行路検出装置において、前記白線遮蔽範囲検出手段は、前記路面画像から自車線上の先行車両を識別して先行車両の位置を求める車両位置検出手段と、求められた車両位置に基づいて白線が遮蔽される範囲を推定する遮蔽範囲推定手段と、を有するものとした。

【0023】請求項16の走行路検出装置は、請求項15記載の走行路検出装置において、前記車両位置検出手段は、前記路面画像から先行車両の両側端座標を求めて先行車両の位置を計算するものとした。

【0024】請求項17の走行路検出装置は、請求項15記載の走行路検出装置において、前記車両位置検出手段は、前記路面画像から先行車両の下端座標を求めて先行車両の位置を計算するものとした。

【0025】請求項18の走行路検出装置は、請求項14記載の走行路検出装置において、前記白線遮蔽範囲検出手段は、複数の指向性方向で先行車両を検知して、それぞれの方向で障害物までの距離を計測可能な車間距離検出手段と、前記パラメータに基づいて自車線の先行車両が前記複数の指向性のいずれに相当しているかを識別する自車走行レーン認識手段と、自車走行レーン認識手段の識別結果に基づいて、前記車間距離検出手段が求めた複数の車間距離から自車線上の先行車両の車間距離を選択する車間距離値選択手段と、を含むものとした。

【0026】請求項19の走行路検出装置は、請求項14、15、16、17、または18記載の走行路検出装置において、第1パラメータ記述式は、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅にそれぞれ関連付けた5つのパラメータを含み、一方、第2パラメータ記述式は、道路の平面曲率に関連付けた1つを除く4つのパラメータを含むものとした。

【0027】請求項20の走行路検出装置は、請求項14、15、16、17、18、または19記載の走行路検出装置において、第1パラメータ記述式は二次曲線式、一方、第2パラメータ記述式は一次直線式であるものとした。

【0028】請求項21の走行路検出装置は、請求項14、15、16、17、18、19、または20記載の走行路検出装置前記において、パラメータ補正手段は、選択されたパラメータ記述式による仮想的な白線候補点と前記路面画像から求めた最新の白線候補点とのずれ量を算出するずれ量算出手段と、前記ずれ量に基づいて前記複数のパラメータの変動量を算出するパラメータ変動量算出手段と、を含み、かつ、前記パラメータ変動量算

13

出手段は、最小二乗法を用いて前記パラメータ変動量を算出するものとした。

【0029】請求項22の走行路検出装置は、請求項14、15、16、17、18、19、20、または21記載の走行路検出装置において、前記パラメータ補正手段は、更新した前記複数のパラメータに基づいて道路の三次元形状を算出し、直ちに出力する道路形状出力手段を含むものとした。

【0030】請求項23の走行路検出装置は、請求項14、15、16、17、18、19、20、21、または22記載の走行路検出装置において、走行車線内の車両位置、道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜、道路幅にそれぞれ関連付けたパラメータをa、b、c、d、eとし、前記路面画像の座標系をx、yとし、iを整数とすると、第1パラメータ記述式は、 $x = (a + ie)(y - d) + b / (y - d) + c$ であり、一方、第2パラメータ記述式は、 $x = (a + ie)(y - d) + c$ であるものとした。

【0031】

【作用】請求項1の走行路検出装置では、「パラメータ記述式による前時刻の白線候補点」と「路面画像から求めた現時刻の白線候補点」とを、路面画像の座標系と比較する演算操作だけで、座標変換の演算を一切行わずに、パラメータ記述式の複数のパラメータの最新の値を求める。白線は、平面的には「並行する複数本の二次曲線」、高さ方向には傾斜一定の坂道として近似式化され、この近似式を路面画像の座標系に変換してパラメータ記述式としている。従って、路面画像の座標系を用いた演算操作だけで複数のパラメータを直接求めることができ、求めた白線候補点の数値自体の座標変換は行わないで済む。パラメータおよびパラメータ記述式の設定の詳細、パラメータを決定する演算手法、パラメータから道路の三次元形状を導き出す演算手法等については、実施例中に詳しく説明する。

【0032】請求項2の走行路検出装置では、「前時刻の白線候補点」と「現時刻の白線候補点」のずれ量から複数のパラメータの変動量を求める際に、最小二乗法を用いる。請求項3の走行路検出装置では、決定された最新のパラメータから、車両の進行につれて刻々と変化する前方の道路の平面曲率、車線に対する車両の傾き、道路の傾斜が算出されて、直ちに出力される。これらの数値を用いて種々の機能、例えば、道路のカーブに追従した自動的なステアリング、先行車両の検出と組み合わせた危険評価、運転者の居眠りや不注意に対する警告等の機能を組み立て得る。請求項4の走行路検出装置では、 $x = (a + ke)(y - d) + b / (y - d) + c$ なるパラメータ記述式を用いてパラメータの変動量を求める。

【0033】請求項5の走行路検出装置では、路面画像の中に小領域（ウインドウ）を設定して白線候補点の位

14

置情報を求める。小領域は、「パラメータ記述式による前時刻の白線候補点」に対応させて、検知すべきそれぞれの白線について複数個づつが設定される。そして、この設定の際に、「路面画像中のどの白線に何個づつの小領域を割り当てるかを定める操作」が実行される。車両が走行車線の一方の白線に接近すると、反対側の白線から求める白線候補点の位置情報の質が低下する（求めたパラメータの誤差が増大する）から、この白線を踏み越えた次の車線の白線についても小領域を設定して、反対側の白線の白線候補点の位置情報がパラメータ決定に関する割合を下げる。

【0034】請求項6の走行路検出装置では、パラメータから求めた走行車線の幅について2つのしきい値が設定される。このしきい値を越えて車両が一方の白線に接近した際には、それまでの走行車線を挟む2本の白線から、接近する白線を中心にした3本の白線に改めて小領域を割り当てる。請求項7の走行路検出装置では、パラメータから求めた走行車線の幅について2つのしきい値が設定される。車両が白線を踏み越えて隣接車線のこのしきい値を越えた際には、それまでの3本の白線から新しい走行車線の2本の白線に改めて小領域を割り当てる。請求項8の走行路検出装置では、走行車線の幅を定数として保持しており、少なくとも小領域の設定操作については、走行車線の幅に関連したパラメータが変動しても、走行車線の幅を終始一定として演算処理する。請求項9の走行路検出装置では、2本の白線を検知する場合でも3本の白線を検知する場合でも同数の白線候補点を用いてパラメータを決定する。請求項10の走行路検出装置では、3本の白線を検知する場合に路面画像の中央の白線に対して、両側の白線よりも多くの小領域を割り当てる。中央の白線は、両側の白線よりも路面画像上で直線性が高く、撮像視点からも近いため、白線候補点の位置情報の質が高いからである。

【0035】請求項11の走行路検出装置では、居眠りや不注意によって車線変更の方向指示無しに白線を踏み越えようとした場合に、運転者にその旨の警告を行う。

【0036】請求項12の走行路検出装置では、踏み越えようとする白線を越えた隣接車線について、先行車両等の障害物を検知して、衝突の可能性が高いと判断された場合には、運転者にその旨の警告を行う。隣接車線の障害物の検知は、走行車線の一方の白線に近付いた際に、その白線を越えた隣接車線について開始される。請求項13の走行路検出装置では、走行車線の2本の白線のみ小領域を割り当てている場合には隣接車線の障害物検知を行わないが、車両が一方の白線に接近して3本の白線に小領域を割り当てている場合には隣接車線の障害物を検知して、障害物があれば衝突の可能性を評価する。

【0037】請求項14の走行路検出装置では、先行車両によって車両前方の白線が限度を越えて遮蔽された場

合に、第1パラメータ記述式を第2パラメータ記述式に置き換える。車両に近くて遮蔽を逃れた短い部分的な白線しか路面画像上に補足できない場合、遮蔽された部分からは白線候補点の位置情報を採取する利益が無いからである。

【0038】請求項15の走行路検出装置では、路面画像から前方の先行車両を検出し、先行車両までの距離を見積もり、白線の遮蔽範囲を評価して、使用すべきパラメータ記述式を決定する。請求項16の走行路検出装置では、路面画像に対して縦エッジを強調する画像処理を行って、先行車両の両側端の位置を際立たせる。ここから先行車両の両側端の座標値を求めて先行車両の位置を計算する。請求項17の走行路検出装置では、路面画像に対して横エッジを強調する画像処理を行って先行車両の下端（例えば影部分）を際立たせる。ここから先行車両の下端座標を求めて先行車両の位置を計算する。

【0039】請求項18の走行路検出装置では、路面画像から自車線の先行車両の車間距離を求める手段に代えて（あるいは共存させて）、レーダー電波、レーザー光、超音波等のビームを車両前方に放射して車間距離を計測する車間距離計測手段を備える。複数の指向性の方向は、路面画像から認識された自車線や隣接車線に対応させる形式で、自車走行レーン認識手段によって管理される。車間距離数値選択手段によって、単なる自車前方一定方向の障害物でなく、道路の曲り形状に左右されない自車線上の先行車両が補足される。

【0040】請求項19の走行路検出装置では、路面画像上で白線が十分に補足できる場合のパラメータ記述式が5つのパラメータを含む一方で、遮蔽が著しい場合のパラメータ記述式が4つのパラメータを含み、道路の平面曲率に関連したパラメータを含まない。請求項20の走行路検出装置では、路面画像上で白線が十分に補足できる場合のパラメータ記述式が二次の曲線式であるのに対して、遮蔽が著しい場合のパラメータ記述式が一次の直線式である。請求項21の走行路検出装置では、パラメータの変動量を算出する際に最小二乗法を用いる。請求項22の走行路検出装置では、更新した最新のパラメータに基づいて、道路の三次元形状を算出して出力する。請求項23の走行路検出装置では、路面画像上で白線が十分に補足できる場合のパラメータ記述式が $x = (a + ie)(y - d) + b / (y - d) + c$ であるのに対して、遮蔽が著しい場合のパラメータ記述式が $x = (a + ie)(y - d) + c$ である。

【0041】

【実施例】図1～図9を用いて第1実施例を説明する。図1は設定座標系の説明図、図2はカメラ座標系における白線モデルの説明図、図3は画像座標系における新旧白線対応点の説明図、図4は構成の説明図、図5は処理全体のフローチャート、図6はウインドウ更新のためのフローチャート、図7は白線候補点の検出のフローチャ

ート、図8は白線候補点の検出方法の説明図、図9はウインドウ設定位置の説明図である。第1実施例は、路面画像から白線モデルのパラメータを決定する基本的な機能を持つ走行路検出装置であり、以下の他の実施例にも共通に应用されている。

【0042】まず、白線モデルについて説明する。白線モデルは、白線の三次元形状を表現する近似式である。白線モデルを路面画像の座標系に座標変換して、第1実施例のパラメータ記述式が作成される。パラメータ記述式は、路面画像上の白線の関数表現である。路面画像の座標系 (x, y) とカメラ座標系 (X, Y, Z) の関係を図1に示す。図1において、道路24上を自車両とともに原点が移動するカメラ座標系23によって白線25の近似式を設定する。ここでは、車両進行方向とカメラ光軸のなす角、および車両静止時のカメラ光軸と路面のなす角がそれぞれ0となるようにカメラが車体に取り付けられる。第1実施例の白線モデルは、主として高速道路を対象としており、Z軸回りの回転（ロール角）、路面の勾配、バンク角を無視している。大地に固定された座標系の代わりに、刻々の車両位置（カメラ位置）を原点とする道路座標系を用いたから、道路構造を簡単な二次式で近似しても、必要な計測項目に対応する複数の道路パラメータについて、実用的に十分な検出精度を確保できた。

【0043】白線モデルは、道路の三次元形状、車両位置、車両姿勢をそれぞれ表す道路パラメータを用いて、白線25を、水平面 $(X-Z)$ では二次式、垂直面 $(X-Y)$ では一次式で近似する。図2のように道路パラメータを定めて、次の(1)式のように近似式を設定した。図2中、(a)は水平面、(b)は垂直面を示す。

【数1】

$$\begin{aligned} X &= BZ^2 + CZ + A - iE \\ Y &= DZ - H_0 \end{aligned} \quad (1)$$

図2の(a)において、道路の左端の白線から順に白線を0、1、2、・・・番とする。0～i番の白線が共通の(1)式で記述される。カメラ座標系 (X, Y, Z) の原点は、車両の進行とともに刻々と前方に移動し、

(1)式中のA～Eのパラメータをそれぞれ変化させる。パラメータAは車両の左側に位置する白線と車両中心（撮像装置の取り付け位置）との距離（以下偏位）、パラメータBは車両前方の道路曲率、パラメータCは $Z=0$ における白線の接線方向に対する車両のヨー角、パラメータDは道路平面に対する車両のピッチ角（道路とZ軸の相対角度）、パラメータEは白線間距離（直線路や $Z=0$ では車線幅）にそれぞれ相当する。この白線モデルに三次元から二次元への透視変換を行って、路面画像の座標系 (x, y) で記述された路面画像上の白線モデル、すなわち第1実施例のパラメータ記述式を作成する。

17

【0044】図1のように、三次元空間であるXYZ座標系が、焦点距離fの光学レンズを通して、xy座標系の平面的な画面に投影されるとき、三次元空間のXYZ座標は、次の(2)式の透視変換を通じてx、y座標に変換される。XYZ座標系で記述される道路上の構造物は、路面画像上に射影されて、(2)式によって変換されたxy座標系の画像となる。

【数2】

$$\begin{aligned} x &= -f \frac{X}{Z} \\ y &= -f \frac{Y}{Z} \end{aligned} \quad (2)$$

この関係を基に、(1)式は、次の(3)式のごとく、路面画像上の白線モデルに変換される。ここで、定めたパラメータa～eは、(3)式の記述を簡略にするために、前述のパラメータA～Eにそれぞれ関連付けて新たに定義したパラメータである。

【数3】

$$\begin{aligned} \rho(Z) &= \frac{2b/H_0 f^2}{\{1 + (2bZ/H_0 f^2)^2\}^{3/2}} \\ \frac{dX}{dZ}(Z=0) &= C = \tan \beta = -\frac{c}{f} \\ \frac{dY}{dZ} &= D = \tan \alpha = -\frac{d}{f} \end{aligned} \quad (4)$$

【0045】次に、パラメータa～eの推定方法について説明する。路面画像上の道路構造は時間軸に対して滑らかに変化すると仮定する。図3は、前時刻の路面画像と現時刻の路面画像との間の白線部分の移動を示す。ここで、添字newは現在のフレーム、添字oldは1フレーム前を意味する。第1実施例では、1/30秒間隔で路面画像のフレームを取り込み、路面画像の白線上から複数の白線部分を取り出してxy座標値を求め、リアルタイムにパラメータを推定する。パラメータの推定は、1※

$$\Delta x_{ij} = A'_{ij} \Delta a + B'_{ij} \Delta b + C'_{ij} \Delta c + D'_{ij} \Delta d + E'_{ij} \Delta e \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial a} = y_{ij} - d \\ B'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial b} = \frac{1}{y_{ij} - d} \\ C'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial c} = 1 \\ D'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial d} = -(a + ie) + \frac{b}{(y_{ij} - d)^2} \\ E'_{ij} &= \frac{\partial x_{ij}}{\partial e} = (y_{ij} - d)i = i A'_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

【0046】変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ の推定には最小二乗法を用いる。そのための評価誤差関数として、次の(7)～

18

$$\begin{aligned} *x &= (a + ie)(y - d) + \frac{b}{y - d} + c \\ a &= -\frac{A}{H_0} \\ b &= -B H_0 f^2 \quad d = -Df \\ c &= -Cf \quad e = \frac{E}{H_0} \end{aligned} \quad (3)$$

第1実施例では、路面画像上の白線をxy座標系で検出した後、XYZ座標系に変換することなく(3)式のパラメータa～eを直接に推定する。パラメータa～eが確定すれば、道路曲率 ρ 、ヨー角 $\tan \beta$ 、ピッチ角 $\tan \alpha$ の各道路パラメータは次の(4)式によって求められる。なお、車両の偏位と車線幅に相当するパラメータが含まれる道路モデルであれば、(3)式以外の道路モデルを利用しても、第1実施例と同様の効果が得られる。

【数4】

※フレーム前の路面画像から求めた前回の白線位置に対して、現在のフレームの白線位置を比較する手法による。
30 図3に示すように、前回求めたパラメータa～eからの変動量を $\Delta a \sim \Delta e$ と仮定すると、路面画像(x, y)における1番の白線のj個目の点 x_{ij} の微小変動量 Δx_{ij} は、2次以上の項を無視すればTaylorの定理によって、次の(5)、(6)式で表される。

【数5】

(9)式を定義する。

【数6】

$$e_{model} = \sum_i \sum_j p_{ij} (\Delta x_{ij} - K_{ij})^2$$

$$K_{ij} = x_{newij} - x_{oldij} \quad (7)$$

$$e_{smoth} = S_{\Delta a} \Delta a^2 + S_{\Delta b} \Delta b^2 + S_{\Delta c} \Delta c^2 + S_{\Delta d} \Delta d^2 + S_{\Delta e} \Delta e^2 \quad (8)$$

$$e_{total} = e_{model} + e_{smoth} \quad (9)$$

ここに、(7)式は前回の検出結果 x_{ij-1} と新たに検出された x_{ij} との差によって定義される評価誤差関数であり、(7)式中の p_{ij} は白線候補点の確からしさを表す。また、(8)式は、パラメータが時間軸方向に滑らかに移動するという仮定を表現した評価誤差関数であつ*

*て、 S は重み係数である。以上に示した評価誤差関数の和が(9)式の和 e_{total} で示され、和 e_{total} を最小とならしめる $\Delta a \sim \Delta e$ を求めることにより、次の式(10)のごとくパラメータを更新する。
【数7】

$$\begin{aligned} a_{new} &= a_{old} + \Delta a \\ b_{new} &= b_{old} + \Delta b \\ c_{new} &= c_{old} + \Delta c \\ d_{new} &= d_{old} + \Delta d \\ e_{new} &= e_{old} + \Delta e \end{aligned} \quad (10)$$

【0047】そして、変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ は、次の線形の連立方程式(11)を解くことによって求める。なお、行列中、 $X_{ij} Y_{ij} Z_{ij}$ の形式の各要素は、二重の総和記号を省略して記述している。すなわち、 $\sum \sum X_{ij} Y_{ij} Z$

ij (1番目の \sum は i 、2番目の \sum は j についての総和記号)を意味する。

【数8】

$$(E_M + E_S) \begin{pmatrix} \Delta a \\ \Delta b \\ \Delta c \\ \Delta d \\ \Delta e \end{pmatrix} = k \quad (11)$$

$$E_M = \begin{pmatrix} p_{ij}A'_{ij}A'_{ij} & p_{ij}B'_{ij}A'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}A'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}A'_{ij} & p_{ij}E'_{ij}A'_{ij} \\ p_{ij}A'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}B'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}B'_{ij} & p_{ij}E'_{ij}B'_{ij} \\ p_{ij}A'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}B'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}C'_{ij} & p_{ij}E'_{ij}C'_{ij} \\ p_{ij}A'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}B'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}D'_{ij} & p_{ij}E'_{ij}D'_{ij} \\ p_{ij}A'_{ij}E'_{ij} & p_{ij}B'_{ij}E'_{ij} & p_{ij}C'_{ij}E'_{ij} & p_{ij}D'_{ij}E'_{ij} & p_{ij}E'_{ij}E'_{ij} \end{pmatrix}$$

$$E_S = \begin{pmatrix} S_{\Delta a} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{\Delta b} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{\Delta c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{\Delta d} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{\Delta e} \end{pmatrix} \quad k = \begin{pmatrix} p_{ij}A'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}B'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}C'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}D'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}E'_{ij}K_{ij} \end{pmatrix}$$

【0048】第1実施例は、(3)式のパラメータ記述式を使用して、刻々の白線部分の検出結果から(11)式を解いて、刻々のパラメータa～eを推定する。図4に第1実施例の機能構成を示す。撮像部11は、車両前方の路面を撮像して、入力画像を取り込む。入力画像に対して、前処理のエッジ検出が実行されて白線の特徴が際立たせられる。白線候補点検出部12は、路面画像の座標系で記述された複数の白線候補点の位置情報を抽出する。ここでは、後述するように、路面画像上の白線が想定される位置に小領域(ウインドウ)を複数個設定して、ウインドウ内の白線部分を検出しているが、「白線上の複数の点の画像座標系による位置座標」は他の手法で求めてもよい。前回の白線モデル(曲線式)上の点列を計算する算出部17は、前回の入力画像から求めたパラメータに基づいて、前回の路面画像における白線候補点の仮想的な位置をそれぞれ演算する。白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13は、白線候補点検出部12による現時刻の白線候補点位置と算出部17による前回の白線候補点位置とを比較し、車両の前進に伴う前回から現時刻までの白線候補点の移動量を演算する。

【0049】パラメータ変動量算出部14は、白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13における比較結果から、前述の(11)式を解いて、(7)～(9)式の最小二乗法によるパラメータ変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を推定する。変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部15は、式(10)に、パラメータ変動量算出部14で求めたパラメータ変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を代入して、最新のパラメータa～e(new)を計算し、検出パラメータ保持部16の前回のパラメータa～e(old)を置き換える。また、最新のパラメータから道路パラメータ(曲率等、道路構造の定数)を算出して出力する。検出パラメータ保持部16は、最新のパラメータを保持して、白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13における次画面の処理に供する。以上の操作で1画面の処理を終了する。

【0050】第1実施例の全体処理のフローチャートが図5に示される。図5のフローチャートにおけるステップ122の詳細なフローチャートが図6に、ステップ116の詳細なフローチャートが図7に示される。また、図7のフローチャートにおけるステップ152の詳細な

フローチャートが図 8 の (b) に示される。図 4 の構成における 1 画面の処理は、1 個の演算装置を時分割して、図 5 のステップ 116 ~ 123 のループを通じて順番に実行される。

【0051】図 5 において、ステップ 111 ~ 115 では、白線候補点の位置情報を検出するための初期値を取り込む。これらの初期値は運転者のキーボード操作を通じて設定されるが、例えば、真直ぐな道路の車線中央を直進している状態に相当する一定のデータとして ROM に保持しておいてもよい。第 1 実施例では、刻々の白線候補点検出結果に基づいてパラメータを演算する際や、白線候補点を路面画像上で検出 (ウインドウ設定) する際に、パラメータを代入済みのパラメータ記述式が不可欠であるから、ステップ 116 ~ 123 のループを開始する前に、初期値を与えてパラメータ記述式を完成させておく。また、路面画像上の白線に対応させて初回のウインドウ位置と配置を設定する。すなわち、ステップ 111 ではパラメータ $a \sim e$ 、ステップ 112 では路面画像上で検知すべき白線の本数 m 、ステップ 113 では路面画像上のウインドウ初期設定位置、ステップ 114 では前述の (8) 式の重み付け定数、ステップ 115 では白線 1 本当たりのウインドウ設定数 n がそれぞれ初期値として設定される。

【0052】図 5 のステップ 116 は、白線候補点検出部 12 に対応する。ステップ 116 では、初回は初期値、2 回目からは前画面の処理結果に基づいて、路面画像上に複数の小領域 (ウインドウ) を設定する。そして、複数のウインドウのそれぞれについて、白線候補点の位置情報を検出する。この位置情報は、それぞれの白線候補点の位置座標 $x1ij$ 、 $x2ij$ と確からしさ Pij とで構成される。ステップ 116 における処理の詳細を、図 7、図 9 を参照して説明する。図 7 はウインドウ設定処理のフローチャート、図 9 は画面に白線が撮像されている様子である。図 9 中、(a) は路面画像、(b) は 1 個のウインドウにおける白線部分の検出を示す。

【0053】図 9 の (a) において、路面画像 26 には、道路 24G 上の白線 25G が捕捉されている。道路 24G の左端の白線 25G から $i=0, 1, 2 \dots$ と番号が付され、 $i=0, 1$ の 2 本の白線に対して 4 個ずつのウインドウ 21 が設置されている。ウインドウ 21 は、パラメータ記述式から位置を定めて、路面画像上の白線に沿って複数個が設定される。パラメータ記述式に対して初回は初期値、2 回目からは前回の入力画像から求めたパラメータが代入される。ウインドウの設定は、白線候補点の検出に関与する画素 (明るさデータ) 数を削減し、また、路面と白線という明白なコントラストの判別だけで白線部分の検出を可能にする。路面画像上の所定の高さ位置 ($y1, y2$) に定めたウインドウで白線部分を取り出す。ウインドウの上辺と下辺を白線が横切る x 座標 ($x1, x2$) を求めて、2 つの白線候補点

の位置座標 ($x1, y1$)、($x2, y2$) を確定させる。

【0054】図 9 の (b) において、1 個のウインドウ 21 は、上端の中心点 ($x1Wij, y1ij$)、下端の中心点 ($x2Wij, y2ij$)、および幅 $W1ij, W2ij$ を定めることにより位置と大きさを定める。ウインドウの高さ位置 ($y1, y2$) は所定の値として与えられ、水平位置 ($x1Wij, x2Wij$) がパラメータ記述式により演算される。ここでは、ウインドウ高さを dy = 一定としている。1 個のウインドウ 21 から得られる 2 つの白線候補点の確からしさ $p1ij, p2ij$ は、次の式 (12) により定義する。

【数 9】

$$p1ij = p2ij = \frac{Pij}{pi-max} \quad (12)$$

ここに、数値 $pi-max$ は、 i 番目の白線上のウインドウ群によって検出される濃度値の和の最大値である。

【0055】図 5 のステップ 116 では、図 7 に示すフローで白線候補点を検出する。図 7 において、ステップ 151 で処理の初期化が行われ、ステップ 152 ~ 155 を通じて、路面画像上の同じ高さ位置 y の m 本の白線に対応する n 個のウインドウについて、順番に白線候補点の x 座標 $x1ij, x2ij$ と「ウインドウ内における白線候補点の確からしさ $p1ij$ 」を検出する。 n 個のウインドウを処理し終わると、ステップ 157 を通過して、右隣に位置する白線に対応するウインドウにおける白線候補点の検出に移行する。このようにして、ステップ 152 ~ 159 の処理を m 本の白線に対して完了するまで繰り返す。図 9 の (a) に示すウインドウ設定例で言えば、 $i=0$ の 4 個のウインドウ 21 で $j=0, 1, 2, 3$ と順番に処理し、続いて $i=1$ の 4 個のウインドウ 21 で $j=0, 1, 2, 3$ と順番に処理する。

【0056】次に、図 7 のステップ 152 における処理の詳細を図 8 を参照して説明する。図 8 は 1 個のウインドウ内における白線候補点の検出処理の説明図である。図 8 中、(a) は 1 個のウインドウ、(b) は白線候補点検出処理のフローチャートである。白線候補点の検出処理では、演算装置に取り込まれた路面画像のメモリデータから、ウインドウの範囲に該当するデータを呼び出して識別と演算を実行する。このとき、図 9 の (a) のように、モニター画面に表示された路面画像 26 の上に重ねてウインドウ 21 の範囲が表示される。図 8 の (a) において、ウインドウ 21 は、その上底が [$x=x1i$ ($i=0 \sim n$)、 $y=y1$] の座標値を占め、その下底が [$x=x2j$ ($j=0 \sim m$)、 $y=y2=y1+dy$] の座標値を占める台形ウインドウである。ウインドウ 21 が切り取る白線部分の両端が白線候補点である。ウインドウの高さ位置 ($y1, y2$) は所定の値として与えられているので、水平位置 ($x1ij, x2ij$) のみを求める。

25

【0057】図8の(b)において、ステップ101で各値を初期化後、上辺の1個の画素と下辺の1個の画素を結ぶ線分の画素群を順番に呼び出して画素の濃度値の和 p を算出する。ループ105で「上辺の1個の画素と下辺の m 個の画素の組み合わせが試され($j=0\sim m$)」、ループ106で上辺の n 個の画素が網羅される($i=0\sim n$)。ステップ107の条件に達すると1つのウィンドウの処理が完了する。すなわち、ステップ102で点($x1i, y1$)と点($x2j, y2$)を結ぶ直線上の画素の濃度値の和 p を算出し、ステップ103で濃度 p の過去の最大値 p_{max} と比較する。ステップ103の条件が成立すれば、ステップ104で p_{max} 、 $x1$ 、 $x2$ の各値を更新する。ステップ109では、濃度 p と p_{max} が最大となるときの($x1i, x2j$)を白線候補点の x 座標値として出力する。このとき得られる濃度 p と p_{max} が白線候補点の確からしさである。

【0058】図5のステップ117~119は、図4の白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13に相当する。ステップ117~119では、ステップ116における白線候補点の検出結果から(11)式の演算が実行される。ステップ120は、パラメータ変動量算出部14に対応する。ステップ120では、(10)式により最新のパラメータ $a\sim e$ が確定される。ステップ121は、図4の変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部15に対応する。ステップ121では古いパラメータ $a\sim e$ が最新のパラメータに置き換えられる。ステップ122は、図4の白線候補点検出部12に含まれる。ステップ122では、最新のパラメータに基づいて次の路面画像でウィンドウを設定すべき位置を求める。ステップ123は図4の変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部15に含まれる。ステップ123では、最新のパラメータから(6)式の道路パラメータの各値を求めて出力する。

【0059】ステップ122におけるウィンドウ更新処理は、図6のフローチャートに従って実行される。図6において、ステップ131では、図9の(a)の $i=0$ 、1の白線における路面画像26上で最も高い(自車両から最も遠い)位置の白線候補点を検出する $j=0$ のウィンドウ21について、ウィンドウ21を設定すべき高さ位置 y が設定される。ステップ132で処理の初期化が行われ、ステップ133~136を通じて、図9の(a)のウィンドウ21の高さ位置 $y1ij$ を初めに与えて、高さ位置 $y1ij$ 、 $y2ij$ で白線が通過すべき x 座標 $x1wij$ 、 $x2wij$ が計算される。路面画像上の x 座標 $x1wij$ 、 $x2wij$ を中心とする所定の幅(図9の(b)に置ける $w1ij$ 、 $w2ij$ の2倍)をウィンドウが占める。ステップ133~137を繰り返して、検出すべき m 本の白線に対する同じ高さ位置 y のウィンドウの設定位置を定めた後に、路面画像上で一段低い隣接位置のウィンドウを設定する。ステップ133~139を通

26

じて、 m 本の白線のそれぞれに n 個ずつのウィンドウが設定される。

【0060】図5のフローチャートにおいて、発明の検出パラメータ保持手段はステップ121に、発明の白線候補点検出手段はステップ116に、発明のパラメータ補正手段はステップ117~120にそれぞれ対応する。

【0061】以上説明した第1実施例の走行路検出装置では、最新のパラメータ記述式でウィンドウを更新しつつ、白線を連続的に追従して必要な道路パラメータを出力し続ける。このとき、路面画像の座標系における線形演算処理のみで道路パラメータが直接に求まり、データの座標変換に関する演算を必要としないから、従来例の走行路検出装置に比較して、演算負荷が軽減される。また、自車両とともに原点が移動する座標系で白線の三次元形状の近似式を記述したので、簡単な二次曲線式による近似でも、道路パラメータの推定結果に十分に実用的な精度を確保できる。そして、この近似式によれば、自動運転や種々の警報に関して高い精度が要求される「自車両に近い部分」について、道路パラメータを精度高く求めることができる。また、最小二乗法を採用したから、比較的少ない数の白線候補点でも道路パラメータの実用的な精度を確保できる。従って、最小二乗法のマトリクス演算を含むにもかかわらず、データ数を少なくして、必要な演算数をあまり多くしないで済む。さらに、白線位置の推定によってウィンドウを無駄なく白線に割り当てるから、少ない数のウィンドウでもデータ不足によって道路パラメータを決定し損なうことが無い。

【0062】第1実施例の走行路検出装置では、また、白線候補点の確からしさを加味してパラメータを決定するから、ウィンドウから白線が外れた場合にはそのウィンドウの検出結果が無視され、そのウィンドウによる間違いデータが道路パラメータの推定結果に悪影響を及ぼさない。また、白線候補点の確からしさによって、自車両に近くて路面画像上で明確な白線部分から求めた精度の高いデータが重く用いられることになり、求めた道路パラメータの精度が高まる。また、急激な車線変更等で自車両に近い位置のウィンドウから白線が外れた場合でも、遠方の白線部分はウィンドウから外れないから、遠方の白線部分の検出結果に基づいて道路モデルが次第に修正され、遠い位置の白線部分から順次ウィンドウ内に自動復帰して、自車両に近い位置のウィンドウも白線を再度捕捉できる。そして、その復帰の期間中、出力される道路パラメータの精度が向上し続ける。

【0063】図10~図13を用いて第2実施例を説明する。図10は構成の説明図、図11は白線検出本数切り替えのフローチャート、図12は道路白線検出の例を示した説明図、図13はウィンドウの設定を示した説明図である。ここでは、車線幅内の自車両位置に応じてウィンドウ設定を変更している。なお、道路モデルの設

定、ウインドウ処理、道路パラメータの推定方法等については第1実施例と共通しており、重複する説明を省略している。

【0064】図10において、撮像部41は、車両の前方風景を撮影して路面画像を採取する。画像処理部42は、撮影した路面画像から走行レーンを表す白線や前方の先行車両の特徴を抽出する。白線候補点検出部43は、画像処理部42によって処理された路面画像の画面中に直線検出用の小領域（ウインドウ）をいくつか設定して、各々の領域内で最も路面上の白線らしい線分を検出して、その端点の座標と白線候補点の確からしさを求める。道路パラメータ推定部44は、白線候補点検出部43によって検出された白線候補点の位置情報から、道路モデルのパラメータを算出する。また、道路の三次元形状を記述する道路パラメータを演算して出力する。自車偏位判断部45は、道路パラメータ推定部44によって算出されたパラメータと既知の定数から自車両が走行レーンのどの位置を走行しているのかを判断する。白線検出本数設定部46は、自車偏位判断部45によって検出された自車両の走行位置から、次画面の白線検出において検出すべき白線の本数を設定する。白線候補点検出領域設定部47は、道路パラメータ推定部44によって算出される道路パラメータと、白線検出本数設定部46によって設定される白線検出本数から次画面の白線候補点検出のための小領域（ウインドウ）の数や位置を設定する。

【0065】図11に白線検出本数切り替えのフローチャートを示す。第1実施例の場合と同様に、図10の各機能は、1個の演算装置を時分割して順番に実行される。以下、図11のフローチャートに従って説明する。

【0066】図12の（a）は、前方走行風景の路面画像から自車両走行レーンを表す2本の白線25A、25Bを検出している例である。ステップ401は、図10の撮像部41に対応する。ステップ401では、CCDカメラ等の撮像装置によって撮影された入力画像が演算装置のメモリに取り込まれる。ステップ402は図10の画像処理部42に対応する。ステップ402では、入力画像データに対して例えば「sobelオペレータ」等による縦横エッジ検出の画像加工を実行し、白線や先行車両の特徴を強調するような処理が施される。ステップ403は、図10の白線候補点検出領域設定部47に含まれる。ステップ403では、前画面での処理結果に基づいて、図12の（a）または（b）に示すように、白線検出の小領域（以下ウインドウ21A、21Bとする）を設定する。ステップ404、405は、図10の白線候補点検出部43に対応する。ステップ404でそれぞれのウインドウ21A、21Bについて直線検出を*

$$0 < th1 < (a + e) < th2 < e$$

*実行し、ステップ405で最も白線らしい線分の端点の座標（図2の $x1ij$ 、 $x2ij$ ）と、その白線としての確からしさ（図8の P_{max} ）とを検出する。

【0067】ステップ404における各ウインドウ内の直線検出は、図8を用いて説明した第1実施例の場合と同様な手順で実行される。図8の（a）に示すように、ウインドウ21の形状として台形を設定し、上底の一点と下底の一点とを結んでできるすべての線分について、図8の（b）に示す手順で、線分上の画素のエッジ画像での濃度値の和を算出する。そして、その和が最も大きい線分をそのウインドウ内の検出直線とする。なお、ここでは、濃度値の和が最も小さい線分を検出直線としても白線候補点の位置情報を求めることが可能である。そして、次のステップ405では、この線分の端点の座標と、濃度値の和（図8の P_{max} ）を検出結果として保持する。濃度値の和は、白線としての確からしさのパラメータとなる。

【0068】ステップ406、407は、図10の道路パラメータ推定部44に対応する。図12の（a）のすべてのウインドウ21A、21Bについて検出結果が求められたら、ステップ406において、これらをもとに道路モデルのパラメータ $a \sim e$ の変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ を最小二乗法により算出する。そして、ステップ407では、求められた変動量 $\Delta a \sim \Delta e$ により、パラメータ $a \sim e$ を前述の（10）式のように更新する。このように、道路パラメータを更新することで道路白線を追従検出できる。また、図2に示すように、更新するパラメータは、すべての検出白線に共通なパラメータであるので、白線検出本数 m が増えても白線候補点の個数が変化しなければ、処理速度は変化しない。

【0069】このとき、パラメータ a と e の値に注目する。前述したように、パラメータ a は走行中の車線の左端から自車両までの距離、パラメータ e は車線幅に関連付けられているので、両者の和（ $a + e$ ）は、自車両が走行レーンのどの位置を走行しているかを示す。そして、自車両が車線中央を走行していれば図12の（a）のように2本の白線25A、25Bを検知するが、自車両が車線の端を走行していれば、図12の（b）のように3本の白線25A、25B、25Cを検知させる。具体的には、ステップ408で現在の白線検出本数 m を判別し、2本の場合にはステップ409で次の（13）式のようなしきい値 $th1$ 、 $th2$ を設定し、このしきい値を越えたらステップ410で、図12の（b）に示すように、白線検出本数 m を3本に改める。ステップ409、410は、図10の自車偏位判断部45および白線検出本数設定部46に含まれる。

【数10】

$$(13)$$

ここで、しきい値 $th1$ 、 $th2$ に制限を設けたのは、この値を越えると撮像位置が車線を越えてしまい、自車

29

両の一部が隣のレーンに入ってから 3 本検出に切り替わるようになってしまうからである。このように、0 より大きく e より小さいしきい値を用いることで、自車両の一部が隣のレーンに入る前に 3 本検出に切り替えられ、自車両走行レーンと車線変更後の走行レーンの 2 つの領域を認識することができる。

【0070】ステップ 411、412 は、図 10 の自車*

$$-e/2 < th3 < (a+e) < th4 < e/2 \quad (14)$$

ここで、 $th3$ 、 $th4$ に制限を設けたのは、少なくともこの値を越えると自車両は完全に車線変更を完了しているからである。以上の設定により、自車両が車線を変更しようとした際に、自車両が走行レーンの片側に寄った時点で変更先の車線領域を認識するようになるので、例えば、前方障害物の検出等を行う場合に、危険度の判定に遅れを生じることがなくなる。ステップ 413 は、図 10 の白線候補点検出領域設定部 47 に対応する。最後に、ステップ 413 では、今回の検出結果をもとに次の画面に対するウィンドウの数、位置、大きさを決定し、ウィンドウ設定を更新する。

【0071】次に、ウィンドウの大きさや位置の設定方法について説明する。図 13 の (a) は白線検出本数 m が 2 本のときのウィンドウ設定方法の説明図である。路面画像の画面における消失点 50 の近くは画素による量子化誤差が大きくなるので、道路モデルより求められた消失点の y 座標より数画素（例えば 6 画素）下の領域からウィンドウ 51 を設定する。また、消失点から遠ざかる位置にウィンドウ 51 を設定するに従って、ウィンドウ 51 の y 方向の長さが長くなるように設定する。これは、画面の下側ほど自車両の近くの画像になるので明瞭に映っているからである。前述したように、ウィンドウ 51 内の直線検出において、線分上のエッジ画像の画素の濃度とがその端点の白線候補点の確からしさとして用いられるので、ウィンドウ 51 を長くすれば線分も長くなり、長いウィンドウ 51 で検出したほうが短いウィンドウ 51 で検出するよりも白線候補点の確からしさは大きくなる。従って、明瞭に映っている部分の白線候補点の確からしさを大きくするために、このようなウィンドウ設定を行う。

【0072】同様に、図 13 の (b) は、白線検出本数 m が 3 本のときのウィンドウ設定の説明図である。路面画像の画面における消失点 50 の近くは図 13 の場合と同じ理由でウィンドウを設定せず、数画素下から設定する。3 本の白線を検出対象とする場合は、両側の 2 本の白線は水平に近くなり、自車両から見て遠くの地点の白線を検出することになるので、ウィンドウ 52 の y 方向の長さを短くする。反対に、中央の 1 本は自車両近くの地点の白線であるので、ウィンドウ 53 の y 方向も長くして中央の白線の白線候補点の重み付けを大きくする。以上のようにウィンドウ 52、53 の大きさと位置

30

* 偏位判断部 45 および白線検出本数設定部 46 に含まれる。図 12 の (b) のように白線検出本数 m を 3 本としている場合に、ステップ 411 で次の (14) 式のようなしきい値 $th3$ 、 $th4$ を設定し、このしきい値を越えたら、ステップ 412 で、図 12 の (a) のように白線検出本数 m を 2 本にする。

【数 11】

を設定することで、より確からしい道路形状推定が行えるようになる。

【0073】次に、ウィンドウの設定数について説明する。前述したように、道路モデルのパラメータとしてすべての検出白線に共通な道路曲率や車線幅、自車両の姿勢等に相当するものを用いているので、道路モデル算出の処理速度は白線検出本数ではなく、白線候補点の数に依存する。従って、白線検出本数が増えても 1 画面中のウィンドウ設定数が大きく変化しなければ、処理速度は影響を受けない。図 13 の (a) と (b) を比較すると、(a) の画面ではウィンドウの数が白線 1 本につき 6 つであるのに対し、(b) の画面では白線 1 本につき 4 つである。従って、検出すべき白線の本数は $3/2$ 倍になっているが、1 画面あたりの合計のウィンドウ数は変化していないので、両者の処理時間は等しくなる。

【0074】図 11 のフローチャートにおいて、発明の撮像入力手段はステップ 401～402 に、道路パラメータ推定手段はステップ 406～407 に、発明の白線候補点検出手段はステップ 403～405 に、発明の白線候補点検出領域設定手段はステップ 403 に、発明の自車偏位判断手段はステップ 409、411 に、発明の白線候補点検出領域設定手段はステップ 413 にそれぞれ対応する。以上説明した第 2 実施例の走行路検出装置では、車線幅内の自車両位置に応じて白線検出本数を切り替え、さらに、3 本の場合には中央の白線を重視したウィンドウ設定を行うから、遠ざかる側の白線に設定したウィンドウから得た「精度の低い検出データ」が道路パラメータの推定結果に悪影響を及ぼさない。これにより、出力される道路パラメータの精度が高く維持される。また、白線検出本数が増しても画面中のウィンドウ数が変化しないように 1 本の白線ごとのウィンドウを設定することで、演算装置の処理速度に影響を与えない。

【0075】図 14～図 16 を用いて第 3 実施例を説明する。図 14 は第 3 実施例の構成を示すブロック図、図 15 は第 3 実施例の作用、図 16 は車線逸脱の警報の説明図である。ここでは、第 2 実施例と同等の機能に 2 つの警報機能が付加される。1 つは車線変更時の運転者の不注意に対する警報であり、他の 1 つは車線変更しようとする隣接車線の前障害物に対する衝突の可能性の警報である。

【0076】図 14 において、画像入力部 61 は、図示

しない CCD カメラが撮影した路面画像を取り込む。エッジ抽出部 62 は、路面画像をエッジ画面に変換して白線や先行車両の特徴を際立たせる。直線検出領域設定部 63 は、前画面の処理結果による道路パラメータと白線検出本数設定に基づいて、エッジ画面上に複数のウィンドウを設定する。白線候補点検出部 64 は、それぞれのウィンドウについて直線検出を実行して、複数の白線候補点の座標値と確からしさのパラメータを保持する。道路パラメータ算出部 65 では、白線候補点のデータから道路モデルのパラメータを更新し、更新されたパラメータは、直ちに直線検出領域設定部 63、車線変更判断部 66、車線領域認識部 69 へと送出される。

【0077】車線変更判断部 66 では、道路パラメータのうち車線幅に相当するものと自車両の偏位に相当するものを用いて、自車両が車線変更の動作をしている否かを判断する。このとき、方向指示判断部 73 はドライバーが方向指示器を操作しているか否かを判断し、自車両が方向指示器を出さずに白線を跨ごうとしている場合には、警報発生部 75 を起動してドライバーに対して警報を出力させる。

【0078】また、車線変更判断部 66 の判断結果により、白線検出本数設定部 67 は、第 2 実施例の場合と同様に、次画面での白線の検出本数を設定し、設定値を直線検出領域設定部 63 に送る。さらに、白線検出本数設定部 67 における白線の検出本数の設定値に応じて、認識車線数判断部 68 は、車線領域認識部 69 が次画面の車線認識において認識すべき車線領域の数を判断する。白線の検出本数が 2 本の場合には、認識すべき車線は自車線の 1 本のみであるが、白線の検出本数が 3 本の場合には、認識すべき車線は自車線と隣接車線の 2 本とされる。この判断結果が車線領域認識部 69 に送出される。

【0079】車線領域認識部 69 は、画面上の自車線と、認識車線数が 2 車線であれば設定された隣接車線の領域とをエッジ画面上で認識する。そして、各々の領域について、自車線については自車線上障害物検出部 70 が、隣接車線については隣車線上障害物検出部 71 がそれぞれ先行車両等の障害物を検出する。自車線上障害物検出部 70 で障害物が検出された場合、衝突可能性判断部 74 において、自車両が検出された障害物と衝突するかどうかを判断し、衝突する可能性が高いと判断したときは、警報発生部 75 からドライバーに対して警報を出力させる。

【0080】一方、自車両が隣接車線側の白線に接近すると、白線検出本数が 3 本となるとともに、隣車線上障害物検出部 71 によって、車線変更しようとする隣接車線の前方の障害物が検出されるようになる。隣接車線に先行車両等の障害物が検出された場合、車線変更可否判断部 72 において、車間距離、自車両および先行車両の相対速度等を加味して、自車両が検出された障害物と衝突するかどうかを判断する。そして、衝突する可能性が

高いと判断したときは警報発生部 75 に警報を出力させる。なお、警報発生部 75 では、(1) 方向指示の無い車線変更、(2) 自車線の先行車両との衝突可能性の増大、(3) 車線変更の不可能、という警報すべき 3 つの状態のいずれに相当するかによって警報内容を変えており、どの状態の警報が発生しているかをドライバーが瞬時に判別できる。

【0081】なお、発明の撮像入力手段は、画像入力部 61 およびエッジ抽出部 62 に対応し、発明のパラメータ推定手段は道路パラメータ算出部 65 に対応する。発明の白線候補点検出手段は白線候補点検出部 64、発明の白線候補点検出領域設定手段は白線検出本数設定部 67 および直線検出領域設定部、発明の自車偏位判断手段は車線変更判断部 66 に対応する。発明の方向指示判断手段は方向指示判断部 73、発明の警報発生手段は警報発生部 75 に対応する。発明の車線領域認識手段は車線領域認識部 69、発明の自車線障害物検出手段は自車線上障害物検出部 70、発明の衝突可能性判断手段は衝突可能性判断部 74 に対応する。発明の隣接車線障害物検出手段は隣接車線上障害物検出部 71、発明の車線変更可否判断手段は、車線変更可否判断部 72 に対応する。

【0082】以上の構成により、第 3 実施例では、ドライバーの意思によらない車線逸脱の警報と、車線変更にも対応した前方障害物警報が実現できる。図 15 の (a) は自車両が走行レーン L1 のほぼ中央を走行している場合の前方風景であり、自車両の走行レーン L1 を表わす 2 本の白線を検出対象としている。ここで、走行レーン L1 領域のみ認識している場合には、車両 76 が走行レーン L1 の前方を走行している車両であることは認識できる。しかし、他の車両 77 については、走行レーン L1 にいないことは判るが、図 15 の (b) に示すように隣のレーン L2 を走行しているのか、図 15 の (c) に示すようにさらに外側のレーン L3 を走行しているのかは判別できない。しかし、この第 3 実施例においては、隣の走行レーン L2 へ車線変更しようとした場合、自車両が走行レーン L1 の右側白線にある程度寄った時点で隣のレーン L2 を認識できるので、自車両の一部が隣のレーン L2 に入る前に車両 77 が隣のレーン L2 に存在しているかどうかを判断できる。従って、車線変更やレーン逸脱の危険度を早期に判定できる。

【0083】図 16 は車線逸脱の警報の説明図である。ここでは、自車両が車線を逸脱しようになった場合の路面画像の状態が示される。運転者の異常（例えば居眠り等）を検出した場合で、なおかつ車線を逸脱しような場合に警報を発生させる。図 16 の (a) は自車両が走行車線の中央を走行している場合、(b) は自車両が走行車両の左端をはみ出しかかった状態である。(a) の状態から自車両が矢印のように移動して、(b) の状態に移行し、自車両の走行位置が白線に所定の限度を越えて接近したと判断された場合、自動的に警報が出力され

る。この左側の白線については、白線モデルのパラメータ a と、車線幅 W 、カメラ搭載位置（高さ H_0 、車体中心）によって、次の（15）式の $(W/2) + aH_0 > 0$ の関係が成り立つときに車線を逸脱したと判断する。これにより、運転者の不注意や居眠りに起因する事故発生を予防できる。

【数 12】

$$\frac{W}{2} + aH_0 > 0 \quad (15)$$

【0084】図 17 は第 3 実施例の変形例の説明図である。ここでは、画像処理システムとマルチビーム型距離センサを組み合わせて、図 14 の自車線上障害物検出部 70 および隣接車線上障害物検出部 71 を構成する。画像処理システムによって検出された路面画像上の複数の車両位置に対して、マルチビームが計測した複数の車間距離をそれぞれ対応させる。

【0085】画像処理システムとレーザーレーダー等のマルチビーム型距離センサを搭載して追突警報装置を構成した車両において、自車両の車線変更時に前方車両との車間距離を計測した場合、自車両の車線に対するヨー角が変化するので自車線の先行車両が自車両の正面前方に存在しなくなり、左右どちらかのビームで計測される距離が前方車両との車間距離になる可能性がある。このとき、図 17 の（a）のように計測されている測距範囲（エリア）A1 の隣のレーン L1、L3 にも車両 76、78 が存在すると、測距データがどちらの車両を検出したものか判らなくなる。このような場合、測距センサの受光部と撮像装置が車両に固定されていれば、図 17 の（b）に示すように、画面上で測距センサの測距範囲 A1、A2、A3 はそれぞれ限定できる。そして、この限定関係に基づいて、自車両が自車線から隣接車線に車線変更しようとする場合には、入力画面上の自車線と車線変更先の隣接車線とを同時に認識して、入力画面上のどの測距範囲に隣接車線の先行車両が属するかを識別する。そして、マルチビーム型距離センサによる複数の測距データから必要な隣接車線の先行車両の測距データが自動的に選択される。

【0086】図 17 の場合、車線変更時、測距範囲 A2 による先行車両 77 の測距データが選択され、第 3 実施例と同様な車線変更可否の判断と警報の処理が実行される。第 3 実施例の変形例によれば、路面画像から車間距離を割り出す場合に比較して、はるかに正確な車間距離の計測を実行でき、警報の信頼性が向上する。また、路面画像から車間距離を割り出すプログラムを省略できるから、演算装置の演算負荷が軽くなる。

【0087】ところで、図 38 は第 1 実施例による白線の近似状態の説明図である。（a）は路面画像、（b）は、白線モデルの式（3）において、曲線か直線かを規定するパラメータ b を約 300 R のときと、直線のときすなわち $b = 0$ のときの各 y 座標における差 δx を描い

た線図である。図 38 の（a）において、第 1 実施例では、画像座標系上で複数のパラメータによって記述される白線モデル（曲線式）と入力された白線画像との差が最小となるようなパラメータ変動量を推定することで、モデルを更新しつつ（白線を追従しつつ）道路構造を推定し続ける。ところが、自車線の先行車両との車間距離が短くなって白線可視範囲が狭まると、先行車両に遮蔽された遠方部分の白線を捕捉できなくなる。そして、白線可視範囲内の白線候補点のデータだけでは、同じ前述の（3）式のパラメータ記述式を用いてパラメータの推定を実行しても、現在進行中の道路が直線であるのか曲線であるのか識別が困難になる。そして、図 38 の（b）に示すように、曲率の推定結果が著しく信頼性に欠けるものとなり、推定結果を採用できないため曲率推定に費やす時間が無駄になる。

【0088】そこで、次の第 4 実施例では、上記に対処して白線モデルを切り換えることとした。図 18～図 20 を用いて第 4 実施例を説明する。図 18 は第 4 実施例の全体の構成を示し、図 19 は全体処理のフローチャート、図 20 はウィンドウ更新のフローチャートである。ここでは、図 1 に示した第 1 実施例の構成に複数の白線モデルを切り換えて使用する部分が付加され、先行車両によって白線が大きく遮蔽された場合には、第 1 実施例の白線モデルをさらに簡略化した白線モデルを用いて道路パラメータの推定を行う。なお、第 1 実施例の構成と共通する部分には同一の参照番号を付して詳細な説明を省略している。

【0089】図 18 において、撮像部 11 は、車両前方の路面を撮像して、入力画像を取り込む。入力画像に対しては、前処理として縦エッジ検出が実行され、白線や先行車両の特徴が際立たせられる。白線候補点検出部 12 は、路面画像上の白線想定位置に設定した複数のウィンドウのそれぞれについて、路面画像の座標系で記述された白線候補点のデータを検出する。前回の白線モデル（曲線式）上の点列を計算する計算部 17 は、前回のパラメータに基づいて白線想定位置を求める。白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部 13 は、白線候補点検出部 12 による最新の白線候補点の位置情報と、前回の白線モデル（曲線式）上の点列を計算する計算部 17 による白線想定位置とを比較して、白線候補点のずれ量を演算する。パラメータ移動量算出部 14 は、白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部 13 による比較の結果から、白線モデルのパラメータ変動分を最小二乗法により推定する。変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部 15 は、パラメータ変動量算出部 14 で求めたパラメータ変動分を用いて最新のパラメータを計算し、前回のパラメータを更新する。検出パラメータ保持部 16 は、変動量に基づいて前回のパラメータを補正する補正部 15 で更新されたパラメータを次画面の処理まで保持する。

【0090】白線遮蔽位置検出部18は、画像処理された入力画像から先行車両の特徴を抽出して「先行車両が路面画像上で白線を遮蔽する範囲」を計測する。複数の白線モデル記憶部19は、先行車両によって白線が遮蔽される範囲に応じて選択される「複数のパラメータ記述式」を保持している。白線モデル切り換え部20は、白線遮蔽位置検出部18が求めた白線遮蔽範囲に応じて、複数の白線モデル記憶部19に保持された「複数のパラメータ記述式」から適当な1つを選択して、白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13に送出する。白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部13は、白線モデル切り換え部20によって選択されたパラメータ記述式を用いて上述の演算を実行する。

【0091】図19において、ステップ111でパラメータ $a \sim e$ の初期値が設定され、ステップ112で路面画像上で検知すべき白線の本数 m が設定される。ステップ113～115を通じて、パラメータ $a \sim e$ をパラメータ記述式に代入して路面画像上の白線位置が推定され、路面画像上の m 本の白線に対して初回分の白線検出ウィンドウが設定される。ステップ116では、図9に示す白線検出プログラムに従って、それぞれの白線候補点の位置情報が検出される。ステップ117Bでは、白線候補点の検出結果から(11)式または後述する(18)式のマトリクスによる演算がなされ、 $\Delta a \sim \Delta e$ の演算結果から(10)式による最新のパラメータ $a \sim e$ を確定させる。ステップ121では古いパラメータ $a \sim e$ を最新のパラメータに置き換える。

【0092】ステップ121とステップ122の間に挿入されたステップ127は、図18の白線遮蔽位置検出部18、複数の白線モデル記憶部19、および白線モデル切り換え部20に相当する。ステップ127では、「白線の遮蔽範囲を検出して、2種類のパラメータ記述式から1つを選択する曲線/直線モデル選択処理」が実行される。この処理は、路面画像と路面画像の2種類のエッジ強調画像とから先行車両の位置を求め、先行車両によってほとんど白線が遮蔽されていない場合には、第1実施例と同様な二次曲線式のパラメータ記述式を選択するが、先行車両によって白線が大きく遮蔽されている場合には、二次曲線式のパラメータ記述式に代えて一次直線式のパラメータ記述式を選択する処理である。ここで選択されたパラメータ記述式が、次の変更まで、ウィンドウ設定やパラメータ推定の演算に供される。この処理については、図23、図24を参照して後で詳しく説明する。ステップ122では、次の路面画像上でウィンドウを設定すべき位置を求める。ステップ123では、最新のパラメータから道路の三次元形状と車両姿勢とを記述する道路パラメータの各値を求めて出力する。ステップ124では次の路面画像とその2種類のエッジ強調画像とが取り込まれる。ステップ125では縦横エッジ検出による先行車両の検出が実行される。

【0093】図20はステップ122における処理の詳細を示す。図20のステップ131Bでは、白線を挟む $i=0, 1$ の白線における路面画像上で最も高い位置(車両から最も遠い位置)の白線候補点を検出する。ウィンドウについて、ウィンドウを設定すべき高さ位置 y が設定される。先行車両によって白線が遮蔽されている場合、画面上の遮蔽位置より低い高さ y_{ie} が選択されるが、遮蔽されていない場合は第1実施例と同様である。ステップ132で処理の初期化が行われた後、ステップ133～136Bでは、選択された一方のパラメータ記述式を用いて、路面画像上の2つの高さ位置 y_{1ij}, y_{2ij} で白線が通過すべき x 座標 x_{1wij}, x_{2wij} が計算される。ステップ133～137を繰り返して、検出すべき m 本の白線に対する同じ高さ位置 y のウィンドウの設定位置を定め、その後、ステップ137を通過して路面画像上で一段低い隣接位置のウィンドウの設定が実行される。ステップ133～139を通じて、 m 本の白線のそれぞれに n 個ずつのウィンドウが設定される。

【0094】図19のフローチャートにおいて、発明の撮像入力手段はステップ124～125に、発明の検出パラメータ保持手段はステップ121に、発明の白線候補点検出手段はステップ116に、発明のパラメータ補正手段はステップ117Bにそれぞれ対応する。発明の白線遮蔽位置検出手段、複数の白線モデル記憶手段、および白線モデル切り換え手段は、ステップ127の処理に含まれる。以上説明した第4実施例によれば、検出すべき白線が先行車両によって遮蔽されている場合には、遮蔽範囲を避けてウィンドウが設定されるから、先行車両の画像上にウィンドウを設定して、間違いデータを検出する心配が無い。ウィンドウ内で白線と無関係な直線検出を実行してパラメータ推定結果に悪影響を及ぼす心配が無い。また、路面画像上で白線が明白な近接部分だけで白線候補点のデータ蓄積を実行するから、近接部分について、道路形状と車両姿勢のパラメータを正確に推定できる。そして、白線が遮蔽された場合には、簡単なパラメータ記述式を採用して最小二乗法等の演算負荷を軽減するから、先行車両の位置検出等の処理が追加されているにもかかわらず、第1実施例並みの高い処理速度を実現できる。

【0095】図21～図29を用いて第5実施例を説明する。図21は白線モデル選択のための基本構成の説明図、図22は選択モデルの説明図、図23、図24はモデル選択のためのフローチャート、図25、図26は車両候補検出(下影検出)方法の説明図、図27は車両候補検出(車両幅検出)方法の説明図、図28はモデル選択のしきい値決定方法の説明図、図29は選択モデル(直線検出のみの場合)の説明図である。ここでは、路面画像の原画像とその2種類のエッジ強調画像から先行車両の位置を見積もる手順を詳しく説明する。

【0096】高速道路等の自動車専用道路において自車両前方の白線が遮蔽される場合は、先行車両による場合がほとんどである。従って、第5実施例では、

(1) 自車走行レーンを第1実施例の手法によって認識した後、車両検出を施すことによって、車両位置に基づいて白線遮蔽開始座標 (y_{ie} , $i = 0, 1$) を推定する。

(2) 該推定座標によって白線モデルの切り換えを行う。

という考え方を採用している。図20において、番号11~20を付した構成部分については、図17の第4実施例の場合と同一であるから、詳細な説明を省略する。車両検出部10は、路面画像から先行車両位置を割り出して、白線遮蔽位置検出部におけるウインドウ設定の状態を調整する。

【0097】図23、図24は第5実施例のフローチャートである。図19のフローチャートのステップ127における処理の詳細が図23に示され、図23のフローチャートのB1-B2間の処理が図24に示される。図19のフローチャートのステップ121のモデルパラメータ更新の後、図23のフローチャートのステップ601に移行する。ステップ601で初期値 $y = y_0$ が設定された後に、ステップ602では、図26に示す横エッジ画像が格納された横エッジ画像メモリデータを用いて、両側の白線モデルの間の線分 $x_1(y) - x_0(y)$ のエッジ強度分布を作成する。この処理をステップ601~603、609、610のループで初期値 $y = y_0$ から順次下方に移動して繰り返す。すなわち、ステップ602で作成されたエッジ強度分布において、しきい値 I_{h-i} を越える画素数 n_h がエッジ強度分布作成範囲 $x_1 - x_0$ の実定数倍 $n_k (< 1)$ を越えるか否かをステップ603で判断する。越えた場合には、ステップ604においてその y 座標値を車両下影候補座標 y_s *

$$W = E \Delta x_c / \Delta x(y)$$

自動車の車幅はある範囲に規定できるので、ステップ608において、条件 $W - t_0 < W < W + t_1$ を車両判定条件3として、前方に車両が存在するかないかの最終判定を行う。車両が存在すると判断された場合はステップ621に進む。

【0100】ステップ621で処理の初期化がなされ、ステップ622の $y = y_s$ からスタートして、 $i = 0$ の白線について、ステップ625の条件が満たされる高さ y_{0k} を求めて、この値をステップ626で y_{0e} として保持する。次に $i = 1$ の白線について、同様の処理を行って y_{1e} として保持する。 $i = 0, 1$ の2本の白線の処理を終えるとステップ629を抜け出し、ステップ631で白線モデルを切り替えるか否かを判断する。すなわち、ステップ623ではパラメータ記述式から白線上の x_i を求め、ステップ624では既に検出されている車

*として格納し、次へ進む。越えない場合は、ステップ609~610を通じて以上の作業を $y = y_{min}$ まで繰り返す。これにより、下影候補座標をサーチする(車両判定条件1)。自車両から十分に遠い位置に該当する路面画像上の高さ y_{min} までの範囲について、車線幅の一定割合以上の長い横エッジのうちで最も低い位置にあるものを下影とみなしている。演算装置に付設されたメモリ素子には、そのフレームの原画像、原画像の縦エッジ強調画像、同横エッジ強調画像の画素データが一時的に蓄積されている。メモリ素子に格納された、原画像、縦エッジ強調画像、横エッジ強調画像のそれぞれの画素データ群を、ここでは、原画像メモリ、縦エッジ強調画像メモリ、横エッジ強調画像メモリと呼んでいる。

【0098】次に、ステップ605~606では、図24に示す原画像を格納した原画像メモリをもとに、 $y = y_s - \delta h$ における線分 $x_1(y_s - \delta h) - x_0(y_s - \delta h)$ 上の最小輝度値 d_{min} を求める。該 d_{min} がしきい値 $d - t$ より暗い画素のとき、 y_s を自車走行レーン上の先行車両の下影 y 座標として認識する(車両判定条件2)。下影は y 方向に厚みを持つから、この処理によって横エッジ画像における下影の下境界の線分が識別される。

【0099】最後にステップ607~608では、図26に示す縦エッジ画像を格納した縦エッジ画像メモリを用いて、縦エッジ画像上の高さ $y = y_s - \delta v$ における線分 $x_1(y) - x_0(y)$ 上のエッジ強度分布を作成する。該強度分布において、左右両側からしきい値 I_{v-i} とのエッジ強度比較を行ったとき、最初にしきい値を越える x 座標を $x_{ie} (i = 0, 1)$ として検出する。得られた2つの x 座標の差 ΔX_c 、高さ y_s における線分 $x_1(y_s) - x_0(y_s)$ の長さ ΔX 、および道幅 E から、車両幅相当量 W は、次の(16)式で推定される。

【数13】

$$(16)$$

両エッジ位置 $x_{ie} (i = 0, 1)$ と $x_i(y)$ との差 d_{xi} を求める。そして、ステップ625において該差 d_{xi} がしきい値 d_{x-i} より小さくなるとき、ステップ626でその y 座標を $y_{ie} (i = 0, 1)$ として格納する。この処理を図28の(a)に模式的に示す。また、モデル切り換えの判定は、数値 y_{ie} と図28の(b)に示すマップを用いて行う。図28の(a)において、 $y = y_s$ から始めて、順次高い位置 y で距離 d_x を求める。距離 d_x は、パラメータ記述式に y を代入して得た $x_{ik} (i = 0, 1)$ から車両エッジ $x_{ie} (i = 0, 1)$ までの距離である。距離 d_x がしきい値 δ_{x-i} を割り込む高さ位置 $y_{ie} (i = 0, 1)$ までは白線可視距離に相当する。

【0101】図28の(b)に示す曲線は、図36の(a)にも示されるように、白線モデルの式(3)にお

いて、曲線か直線かを規定するパラメータ b を約 300 R のときと、直線のときすなわち $b=0$ のときの各 y 座標における差 δx を描いたものである。このマップから、例えば、該差が $\delta x-t$ より小となり始める $y-t$ をモデル切り換えの判断基準とすればよい。すなわち、 $yie*$

$$x = (a + ie)(y - d) + c$$

$$(E_M + E_S) \begin{pmatrix} \Delta a \\ \Delta c \\ \Delta d \\ \Delta e \end{pmatrix} = k$$

$$E_M = \begin{pmatrix} p_{ij}A'_{ij}A'_i & p_{ij}C'_{ij}A'_i & p_{ij}D'_{ij}A'_i & p_{ij}E'_{ij}A'_i \\ p_{ij}A'_{ij}C'_i & p_{ij}C'_{ij}C'_i & p_{ij}D'_{ij}C'_i & p_{ij}E'_{ij}C'_i \\ p_{ij}A'_{ij}D'_i & p_{ij}C'_{ij}D'_i & p_{ij}D'_{ij}D'_i & p_{ij}E'_{ij}D'_i \\ p_{ij}A'_{ij}E'_i & p_{ij}C'_{ij}E'_i & p_{ij}D'_{ij}E'_i & p_{ij}E'_{ij}E'_i \end{pmatrix}$$

$$E_S = \begin{pmatrix} S_{\Delta a} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_{\Delta c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_{\Delta d} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{\Delta e} \end{pmatrix}$$

【0102】すなわち、第5実施例では、図21の(a)に示すように、先行車両がないか遠くにいて、数値 y_s がしきい値 $y-t$ よりも小さい（高い位置にある）場合には、第1実施例と同一の二次曲線式のパラメータ記述式を選択するが、図21の(b)に示すように、先行車両が近くにいて、数値 y_s がしきい値 $y-t$ よりも大きい（低い位置にある）場合には、一次直線式の(17)式を選択する。

【0103】また、さらに車間距離が接近するようなケースでは、複数のウィンドウによる白線候補点検出を行わなくてもよい。この場合は、図29に示されるように、左右のウィンドウ内で検出された2直線をそのまま白線として認識する。 $i=0$ の白線の一次直線式を $x_0 = a_1 y + b_1$ 、 $i=1$ の白線の一次直線式を $x_1 = a_2 y + b_2$ と置いて、係数 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 をウィンドウ演算処理で直接に求めれば、車両姿勢を示すヨー角およびピッチ角は、次の(19)式から算出される c 、 d の値より、(4)式によって求めることができる。

【数15】

* $y-t$ を曲線-直線モデル切り換えの判断基準とする。直線モデルとして次の(17)式を用いた場合、前述の曲線モデルの式(10)は、次の式(18)のように変更されて計算負荷が軽減される。

【数14】

$$(17)$$

$$(18)$$

$$k = \begin{pmatrix} p_{ij}A'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}C'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}D'_{ij}K_{ij} \\ p_{ij}E'_{ij}K_{ij} \end{pmatrix}$$

$$d = \frac{b_1 - b_2}{a_2 - a_1}$$

$$c = b_1 + a_1 \frac{b_1 - b_2}{a_2 - a_1} \quad (19)$$

【0104】図30を用いて第6実施例を説明する。図30は白線モデル選択のための基本構成の説明図である。ここでは、マルチビーム型レーダー車間距離センサを使用して白線遮蔽範囲を計測している。

【0105】車両の下影は晴天時にはくっきりと路面上に投影されるが、曇天時あるいは夜間等、現れないケースがある。このようなケースでは、レーダ等、外光に頼らないで車間距離を認識する手段を用いることによって、第4、第5実施例のような白線モデル切り換え判断を行うことができる。図30の構成に示される構成部分のうちで、第4実施例の構成中の部と機能を共通にする構成部分については、図18の場合と同一の符号を付して詳しい説明を省略する。

【0106】第4実施例の構成に新たに付加された走行レーン認識部81は、算出されたパラメータに基づいて路面画像上の走行レーンを区別して認識する。車間距離検出部82は、車両前方に放射したレーダービームを用

いて、複数の指向性で前方の障害物（先行車両）までの距離を計測する。レーダ距離値選択部 84 は、車間距離検出部 82 が複数の指向性でそれぞれ計測した距離値の中から、走行レーン認識部 81 による認識結果に基づいた 1 つを選択する。画像座標系における車両 y 座標値推定部 83 は、レーダ距離値選択部 84 で選択された距離値 L を、次の (20) 式を用いて画像座標系の y 座標 (y_s) に変換する。白線モデル切り換え部 20B は、第 4 実施例の場合とは異なり、この座標変換された座標値 y_s を直接モデル切り換えの判定に用いる。

【数 16】

$$y_s = \frac{E}{e} L + d \quad (20)$$

白線候補点検出部 12B は、ウインドウ内の白線検出と検出データの演算処理を通じて白線候補点の位置情報を抽出する。白線モデル切り換え部 20B の出力が白線候補点検出部 12 と撮像部 11 の間に図示される理由は、白線候補点検出部 12 では、切り換えられた白線モデルを用いてウインドウ設定を行うからである。第 7 実施例によれば、曇天時あるいは夜間等で車両の影が明白に現れないケースでも車間距離を認識して、白線遮蔽範囲を正確に見積もり、白線モデルの切り換えを実行できる。

【0107】図 31～図 33 を用いて第 7 実施例を説明する。図 31 は第 7 実施例の車両検出結果の説明図、図 32 はレーザビーム到達位置ベクトルの説明図、図 33 はレーダ距離値選択のためのフローチャートである。マルチビーム型レーザレーダ装置を用いた従来の追突警報装置にあっては、カーブ路において外側の路側帯に存在する反射板の距離値を先行車両の距離値と誤認し、誤った警報を発する場合があった。そこで、第 7 実施例では、路面画像上の複数の車線上の先行車両をそれぞれ区別して検出することによって追突警報装置の警報の信頼性を向上させている。

【0108】図 32 の (b) に示すように、自車両 86 の前端部に 3 本のレーザ距離計が矢印で示す所定の指向性を与えて設置される。3 本のレーザ距離計を用いて追突警報装置を構成した車両に、第 6 実施例の走行路検出装置を組み合わせることで第 7 実施例が構成される。図 32 の (b) において、右側の指向性を担当するレーザ距離計からは先行車両 87 の車間距離 d_R が出力される。一方、中央および左側の指向性を担当するレーザ距離計からは、路側帯の反射板 88 までの距離 d_L 、 d_C が出力されている。このとき路面画像は図 33 の (a) に示す状態であり、楕円で示す範囲が 3 本のレーザ距離計のそれぞれの測距エリア断面に相当している。

【0109】図 31 において、第 5 実施例と同様な路面画像を用いた車両検出を行うことにより、車両存在範囲 $x_{0e} \sim x_{1e}$ が求まる。ここでは、路面画像を撮像するカメラと 3 本のレーザ距離計の位置関係が固定されてい

るため、路面画像の中で 3 本のレーザ距離計の測距方向のベクトルは一定である。3 本のレーザから得られた図 31 の距離 (d_L 、 d_C 、 d_R) と画像上のレーザ中心座標位置 (G_0 、 G_1 、 G_2 ; ベクトル) との関係は、予めメモリデータとして記憶しておく。先行車両 87 の存在範囲の中心 x 座標を x_c とすれば、レーザ距離計の測定値から求めた車両候補座標と座標 x_c との画像座標系上の距離が最小となるような距離値 d_X ($X = L, C, R$) を、自車線上の車両までの距離として認識することによって、より精度の高い自車線上の障害物までの距離計測が可能となる。この一連の処理を図 33 のフローチャートに示す。

【0110】ステップ 701 で路面画像が、ステップ 702 でレーザ距離値がそれぞれメモリに取り込まれる。ステップ 703 では白線遮蔽範囲に応じた白線モデルの切り換えが実行され、この白線モデルを用いてステップ 704 で道路パラメータが求められ白線モデルが更新される。ステップ 705 では路面画像から先行車両の有無および存在位置が求められ、先行車両がない場合はステップ 710 でレーダ距離値を無視する。一方、先行車両が存在する場合は、ステップ 707～709 を通じて先行車両を捕捉しているレーザ距離計を特定し、その出力値を車間距離として出力させる。第 7 実施例によれば、カーブ路において路側帯に存在する反射板の距離値を先行車両の距離値と誤認する心配が無く、誤った警報を発することが無い。従って、追突警報装置の精度と信頼性が向上する。

【0111】図 34～図 36 を用いて第 7 実施例の変形例を説明する。図 34 は画像処理による先行車両検出の説明図、図 35 は全体処理のフローチャート、図 36 はレーダ距離測定値の選択のフローチャートである。ここでは、第 7 実施例と同様に 3 本のレーザ距離計から得られた距離 L_0 、 L_1 、 L_2 の中から、自車線上の先行車両に相当する 1 つを選択する。ただし、第 7 実施例とは別の手順を用いてレーザ距離計を特定する。また、第 5 実施例では、車線幅に占める横エッジ長さの割合が一定以上の場合を先行車両と判断して車両候補点の位置を求めたが、ここでは、路面画像の y 方向輝度分布から車両候補点位置を割り出す。

【0112】図 34 の (a) において、自車線上の先行車両 87 には高さがあるため、自車線上に影が投影されている。検出された白線モデルから自車線の中心線 (x_m 、 y_m) を求めて、中心線上の画素の輝度データを原画像メモリから抽出することにより、高さ $y = y_s \sim y_e$ の範囲の輝度分布を図 34 の (b) のように作成する。影に相当する最も暗い輝度 p_c を検知し、その位置 (x_c 、 y_c) を車両候補点座標として出力する。図 32 の (a) に示される「路面画像上のレーザ中心座標位置 (図中の \times 印) から車両候補点座標 (x_c 、 y_c) までの距離」が最小となるようなレーダ距離値が、自車線

上の先行車両 87 までの距離として認識される。

【0113】第 7 実施例の場合と同様に、演算装置のメモリには、3 本のレーザ距離計から得られた距離 L_0 、 L_1 、 L_2 と画像上のレーザ中心座標位置 (G_0 、 G_1 、 G_2 : ベクトル) との関係が予め記憶されている。図 35 において、ステップ 721 で 1 フレーム分の原画像やエッジ強調画像のデータが演算装置に取り込まれる。ステップ 722 では、ウインドウ処理を通じて得られた白線候補点の検出データに基づいて白線モデル補正量が計算される。ステップ 723 では、この白線モデル補正量を用いて前画面で求めた白線モデルが更新される。ステップ 724 では、最新の白線モデルに基づいて中心線モデル $X_m(y)$ を作成する。ステップ 725 では、上述のように高さ $y = y_s \sim y_e$ の範囲で x_m 上の輝度分布を作成する。ステップ 726 では、最小輝度値 p_c および車両候補点高さ y_c を抽出して出力する。ステップ 727 では車両候補点高さ y_c を中心線モデル $X_m(y)$ に代入して車両候補点位置 x_c を計算する。ステップ 728 では、最小輝度値 p_c が所定のしきい値 p_{-1} 以下であるか否かを判定する。真であるならば、座標位置 (x_c 、 y_c) を路面画像の座標系における車両候補点座標として認識し、図 36 のステップ 731へ進む。

【0114】図 36 において、ステップ 731 では、3 本のレーザ距離計による最新の距離計測値を取り込む。ステップ 732 では、予め記憶されたメモリテーブルからレーザの中心座標ベクトル (G_0 、 G_1 、 G_2) を読み出す。ステップ 733 では、中心座標ベクトル (G_0 、 G_1 、 G_2) にそれぞれの距離計測値をかけ合わせて路面画像上の参照範囲の重心位置を求め、それぞれの重心位置から車両候補点座標 (x_c 、 y_c) までの距離 L_{gi} ($i = 0 \sim 2$) を算出する。ステップ 734 ~ 738 で距離 L_{gi} が最小となる j の値を求める。ステップ 739 では、 j に相当するレーザレーダ距離値 L_{gj} (j) を、自車線上の先行車両 87 までの距離値と判断して出力する。第 7 実施例の変形例によれば、より精度の高い自車線上の障害物までの距離計測が可能となる。

【0115】

【発明の効果】本発明の走行路検出装置によれば、路面画像から白線を検出して道路パラメータを推定するまでの処理を通じて、データを座標変換する演算処理が不要であるから、従来例の走行路検出装置に比較して演算量が大幅に削減され、一般的な演算装置を使用した場合でも、毎秒 10 ~ 100 画面の路面画像を余裕を持って処理できる。これにより、刻々の白線状態を細かい時間間隔で補足しても、道路の三次元形状や自車両の姿勢をリアルタイムに出力できる。従って、種々の警報や自動運転に対する応用が可能となる等、走行路検出装置の精度と信頼性と実用性が共に高められた。

【0116】路面画像上の小領域の設定を切り換える場

合、路面画像上で精度高く検出できる部分に小領域を設定するから、車線内の自車両位置にかかわらず、精度の高い道路パラメータを出力し続けることができる。このとき、小領域の合計の設定数を変化させなければ、これによって処理時間が増大することもない。また、方向指示なく車線変更を実行しようとした場合に警報を出力させる場合、運転者の不注意や居眠りに起因する事故発生を予防できる。さらに、隣接車線に車線変更しようとする際に隣接車線の先行車両を検知し、衝突の可能性を判断して警報を出力させる場合、車線変更に伴う事故発生を予防できる。

【0117】すなわち、道路形状推定のための道路モデルを、道路曲率や自車両の位置等、すべてのレーンマーカーとなる白線に対して共通のパラメータに相当する量で表し、これらパラメータの算出結果や既知の定数をもとに走行レーン内の車両の走行位置を算出して、その結果によって道路白線の検出本数を切り換えられる構成としたため、自車両の一部が隣のレーンに入る前に隣の走行レーン領域を認識でき、また、他のレーダ等の測距センサのデータの測距対象を判別できるという効果が得られる。

【0118】白線の遮蔽範囲に応じてパラメータ記述式を切り換える場合、路面画像上で捕捉できる白線部分から最大限の精度で道路パラメータを求められる。また、パラメータ記述式を簡略化することで演算負荷をさらに軽減し、余った演算余力を他の処理、例えば、先行車両の認識等に割り当てることも可能になる。すなわち、効率的な道路パラメータ推定が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】設定座標系の説明図である。

【図 2】カメラ座標系における白線モデルの説明図である。

【図 3】画像座標系における新旧白線対応点の説明図である。

【図 4】構成の説明図である。

【図 5】処理全体のフローチャートである。

【図 6】ウインドウ更新のためのフローチャートである。

【図 7】白線候補点の検出のフローチャートである。

【図 8】白線候補点の検出方法の説明図である。

【図 9】ウインドウ設定位置の説明図である。

【図 10】構成の説明図である。

【図 11】白線検出本数切り替えのフローチャートである。

【図 12】道路白線検出の例を示した説明図である。

【図 13】ウインドウの設定を示した説明図である。

【図 14】第 3 実施例の構成を示すブロック図である。

【図 15】第 3 実施例の作用の説明図である。

【図 16】車線逸脱の警報の説明図である。

45

46

【図 1 7】第 3 実施例の変形例の説明図である。

【図 1 8】第 4 実施例の全体の構成の説明図である。

【図 1 9】全体処理のフローチャートである。

【図 2 0】ウインドウ更新のフローチャートである。

【図 2 1】白線モデル選択のための基本構成の説明図である。

【図 2 2】選択モデルの説明図である。

【図 2 3】モデル選択のためのフローチャートである。

【図 2 4】モデル選択のためのフローチャートである。

【図 2 5】車両候補検出（下影検出）方法の説明図である。

【図 2 6】車両候補検出（下影検出）方法の説明図である。

【図 2 7】車両候補検出（車両幅検出）方法の説明図である。

【図 2 8】モデル選択のしきい値決定方法の説明図である。

【図 2 9】選択モデル（直線検出のみの場合）の説明図である。

【図 3 0】白線モデル選択のための基本構成の説明図である。

【図 3 1】第 7 実施例の車両検出結果の説明図である。

【図 3 2】レーダビーム到達位置ベクトルの説明図である。

【図 3 3】レーダ距離値選択のためのフローチャートである。

【図 3 4】画像処理による先行車両検出の説明図である。

【図 3 5】全体処理のフローチャートである。

【図 3 6】レーダ距離測定値の選択のフローチャートである。

【図 3 7】従来例の走行路検出装置の説明図である。

【図 3 8】二次曲線近似の精度の説明図である。

【符号の説明】

1 1 撮像部

1 2 白線候補点検出部

1 3 白線候補点と白線モデル点列とのずれ量算出部

1 4 パラメータ変動量算出部

1 5 変動量の基づいて前回のパラメータを補正する補正部

1 6 検出パラメータ保持部

1 7 前回の白線モデル（曲線式）上の点列を計算する算出部

2 1 ウインドウ

2 2、2 3 座標系

2 4、2 4 G 道路

2 5、2 5 G 白線

2 6 路面画像

4 1 撮像部

4 2 画像処理部

4 3 白線検出部

4 4 道路パラメータ推定部

4 5 自車偏位判断部

4 6 白線検出本数設定部

4 7 白線候補点検出領域設定部

5 0 消失点

5 1、5 2、5 3 ウインドウ

6 1 画像入力部

6 2 エッジ抽出部

6 3 直線検出領域設定部

6 4 白線候補点検出部

6 5 道路パラメータ算出部

6 6 車線変更判断部

6 7 白線検出本数設定部

6 8 認識車線数判断部

6 9 車線領域認識部

7 0 自車線上障害物検出部

7 1 隣接車線上障害物検出部

7 2 車線変更可否判断部

7 3 方向指示判断部

7 4 衝突可能性判断部

7 5 警報発生部

7 6、7 7、7 8 先行車両

8 1 走行レーン認識部

8 2 車間距離検出部

8 3 画像座標系における車両 y 座標値推定部

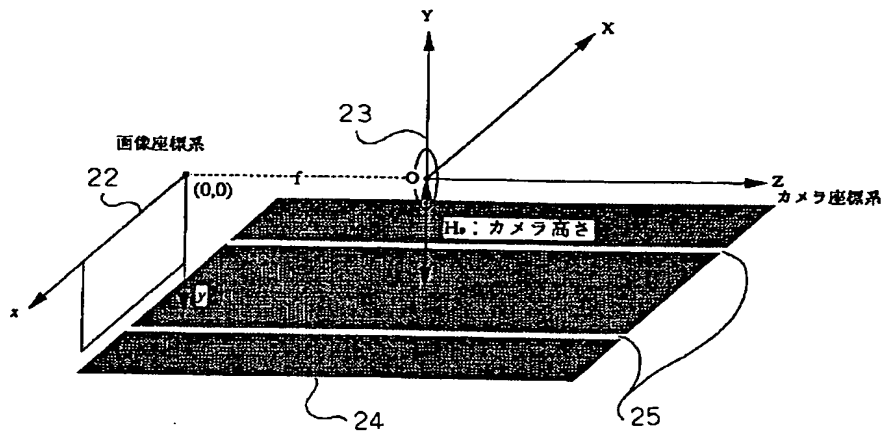
8 4 レーダ距離値選択部

8 7 先行車両

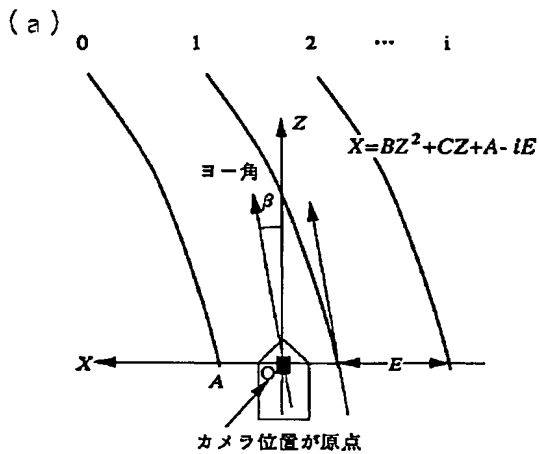
A 1、A 2、A 3 検出エリア

40 L 1、L 2、L 3 車線

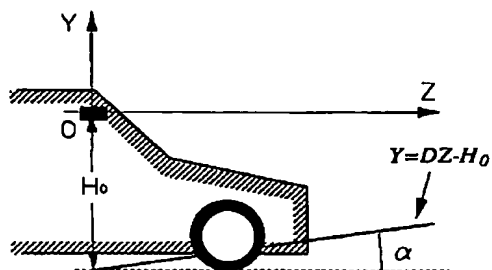
【図1】



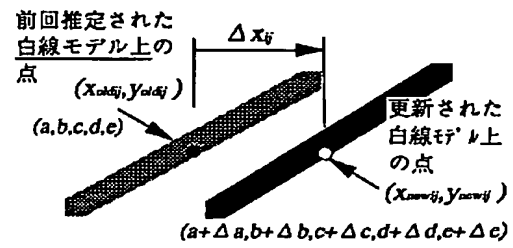
【図2】



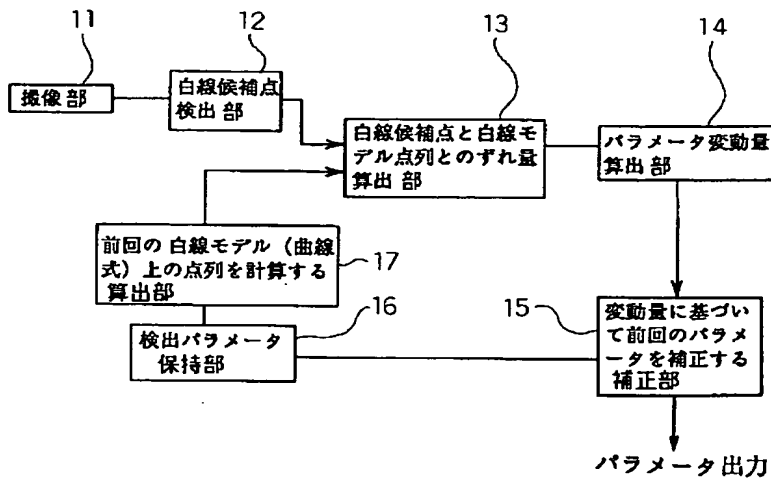
(b)



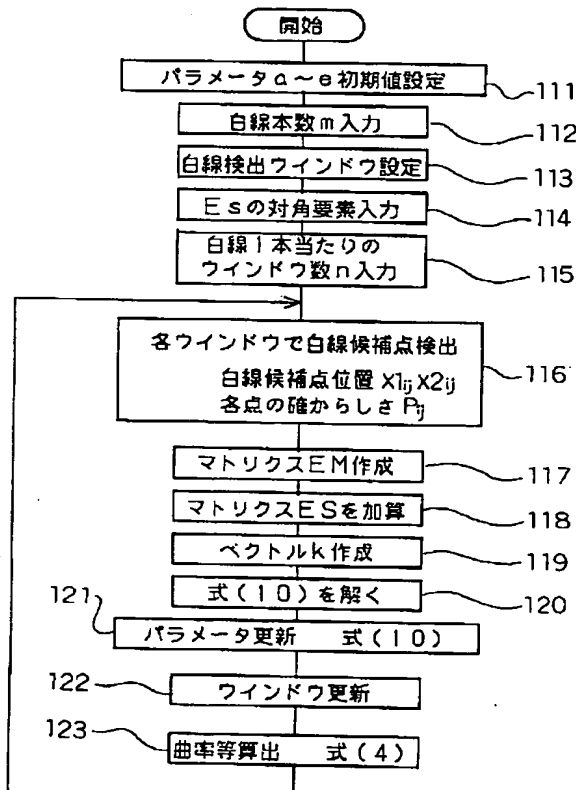
【図3】



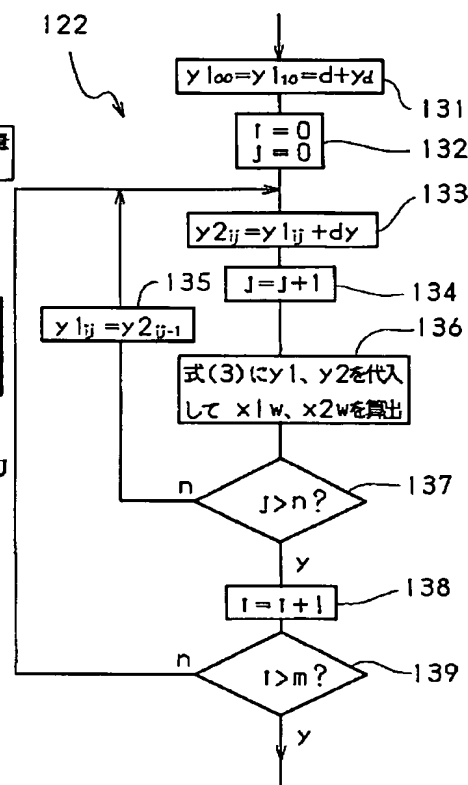
【図4】



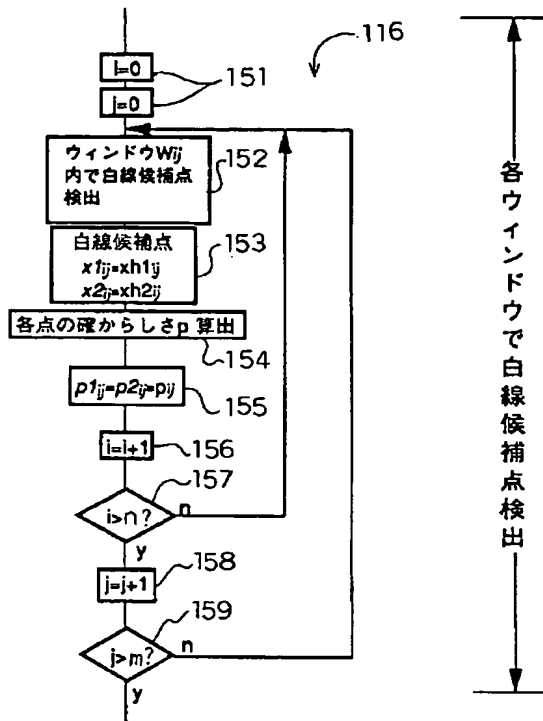
【図5】



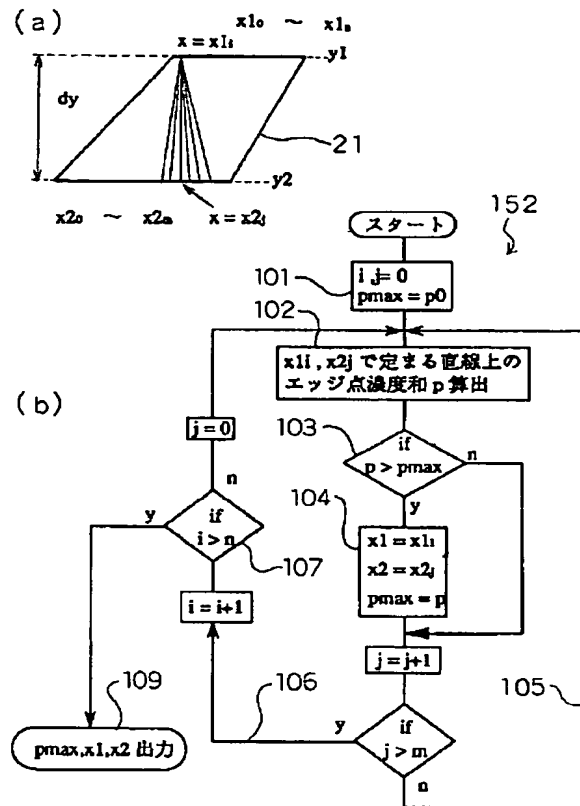
【図6】



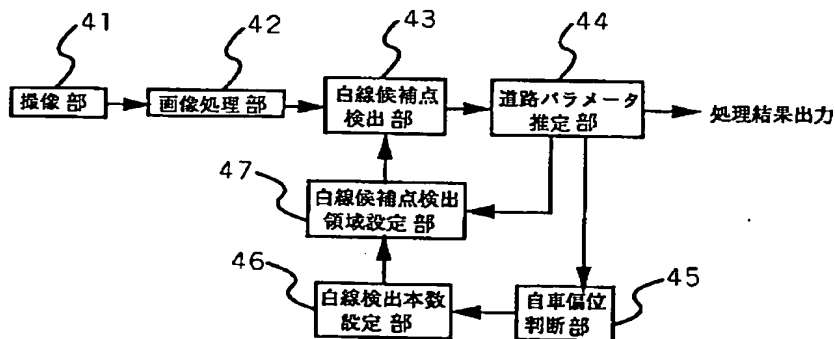
【図 7】



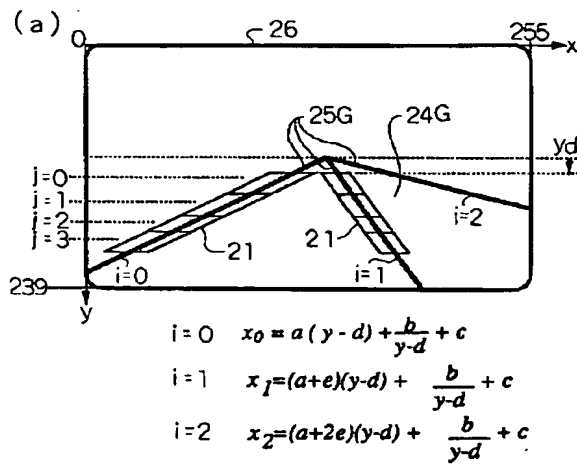
【図 8】



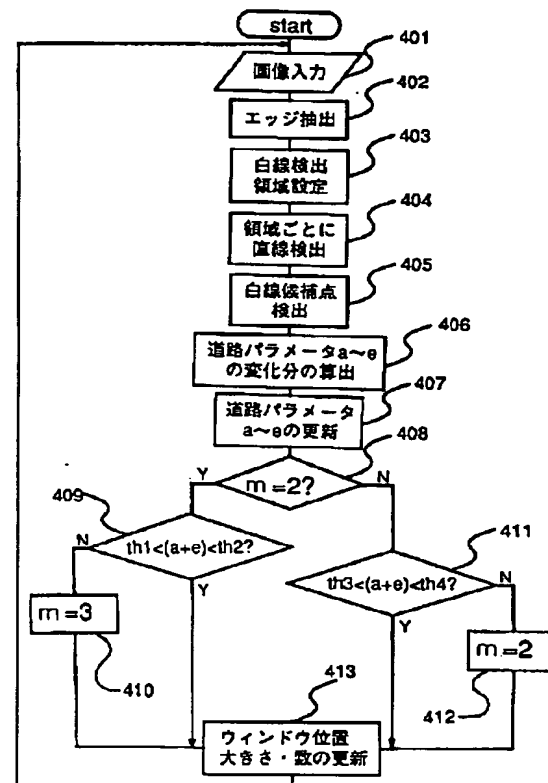
【図 10】



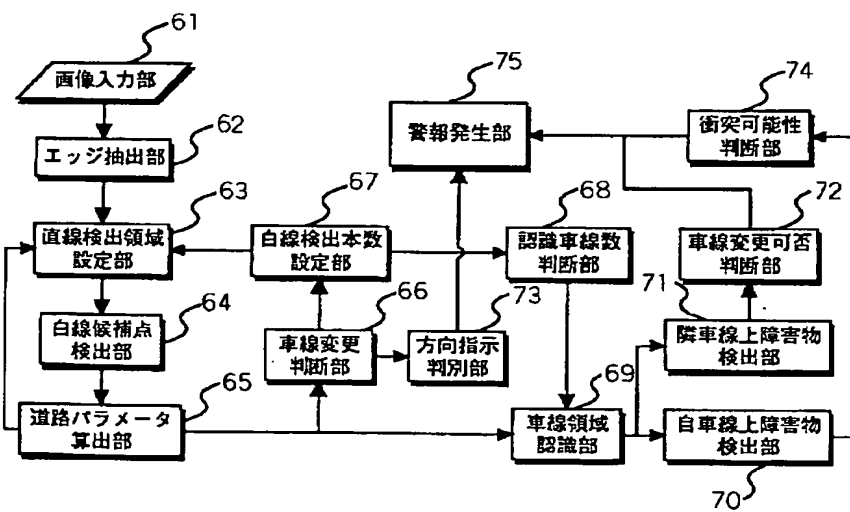
【図 9】



【図 11】

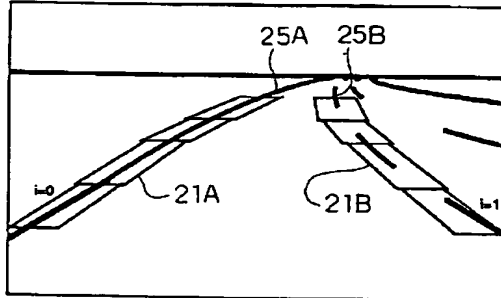


【図 14】

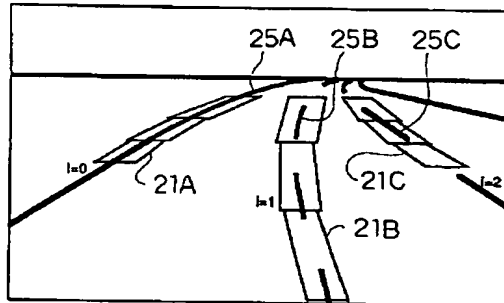


【図12】

(a)

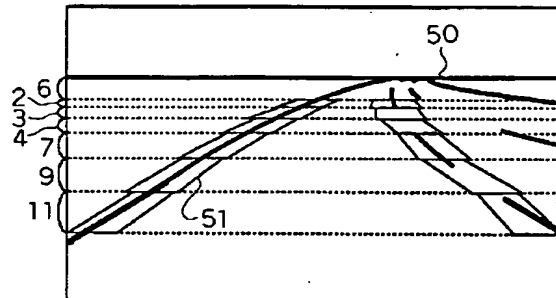


(b)



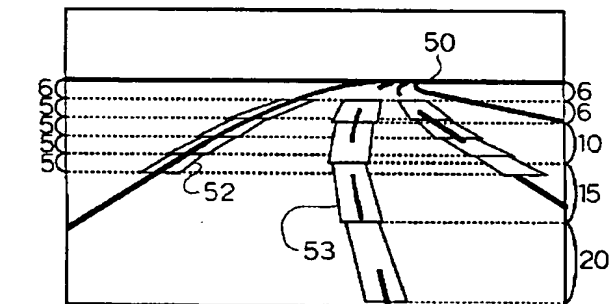
【図13】

(a)



(画素)

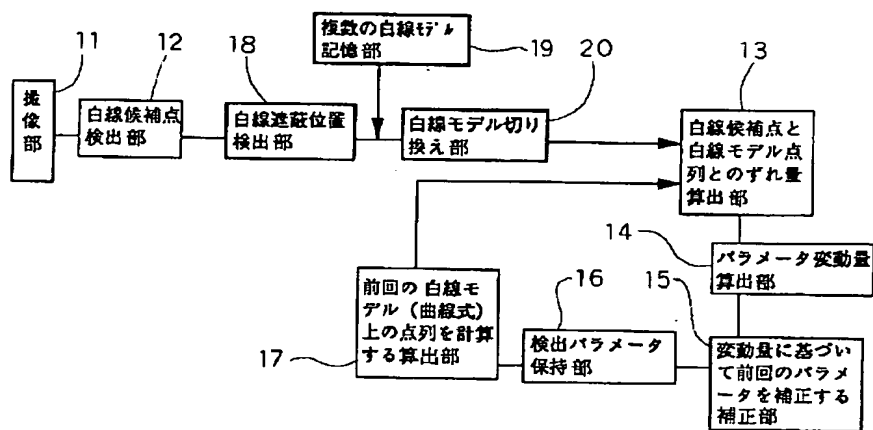
(b)



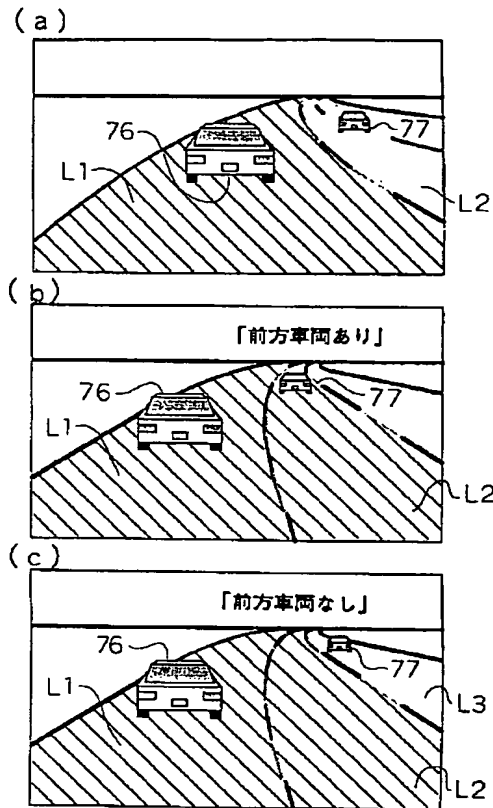
(画素)

(画素)

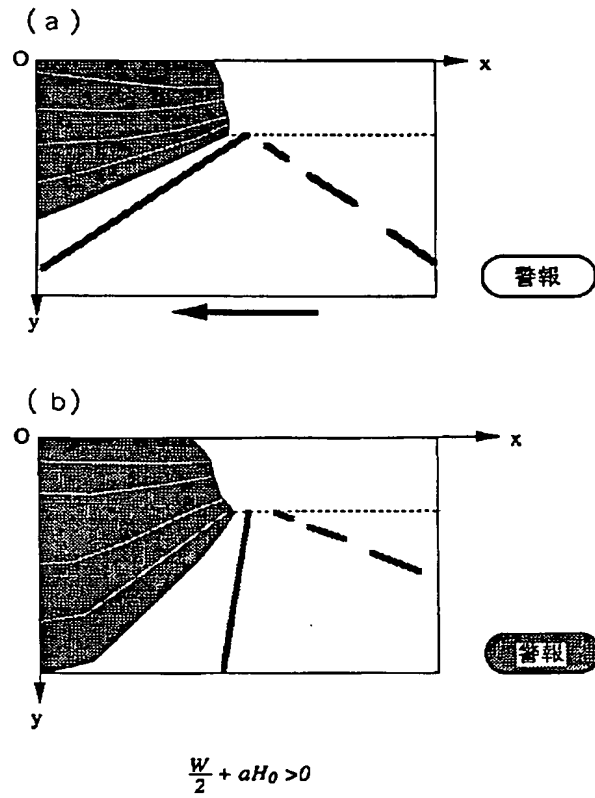
【図18】



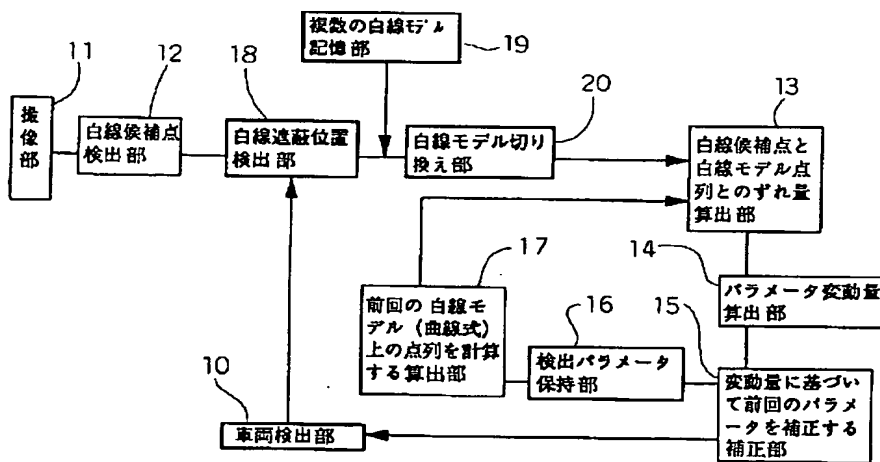
【図15】



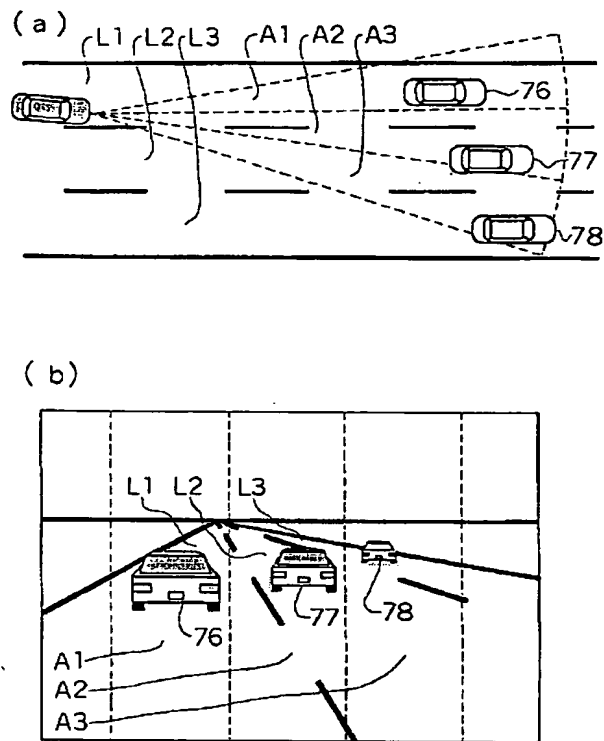
【図16】



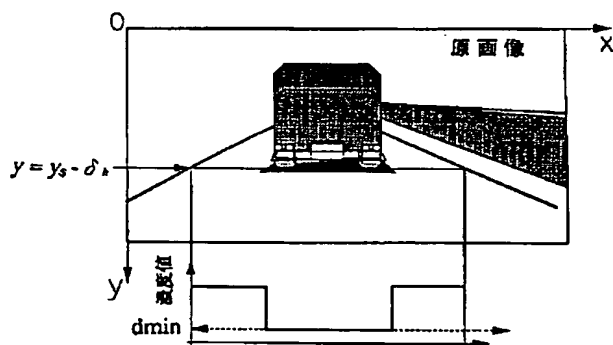
【図21】



【図 17】



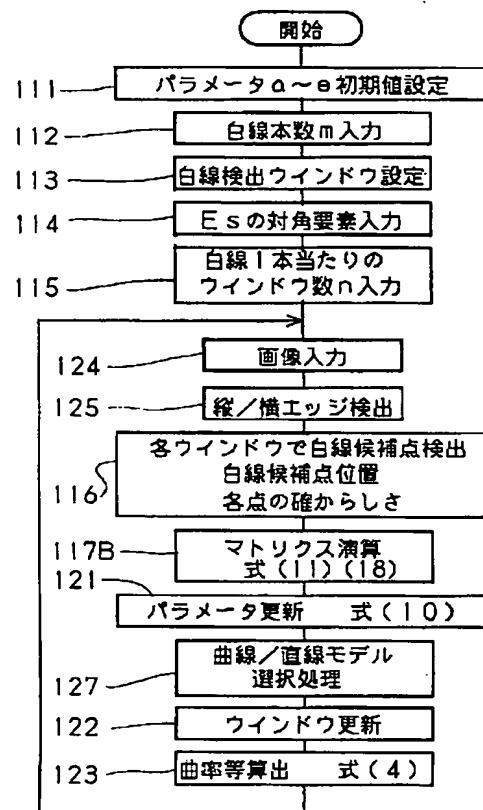
【図 25】



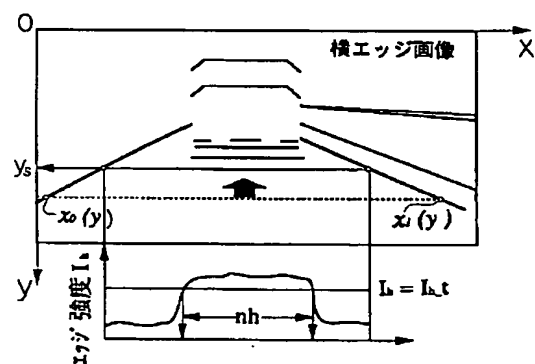
車両判定条件②

if $d_{min} < d_t$ then (b)

【図 19】



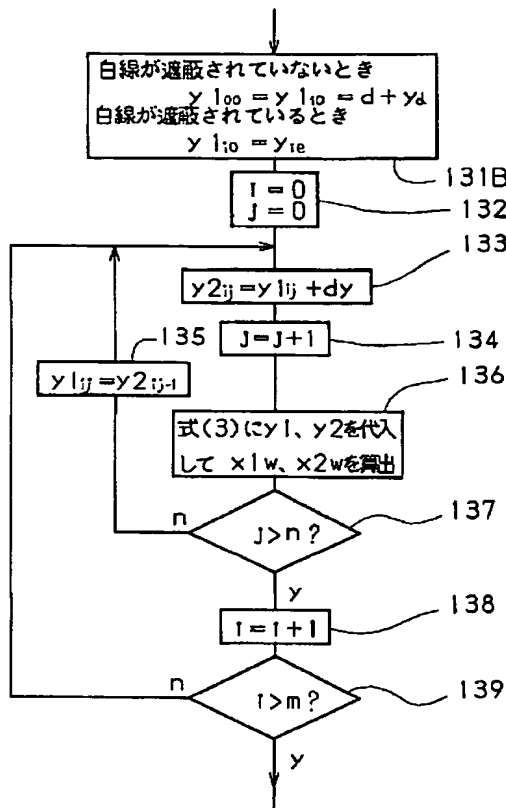
【図 26】



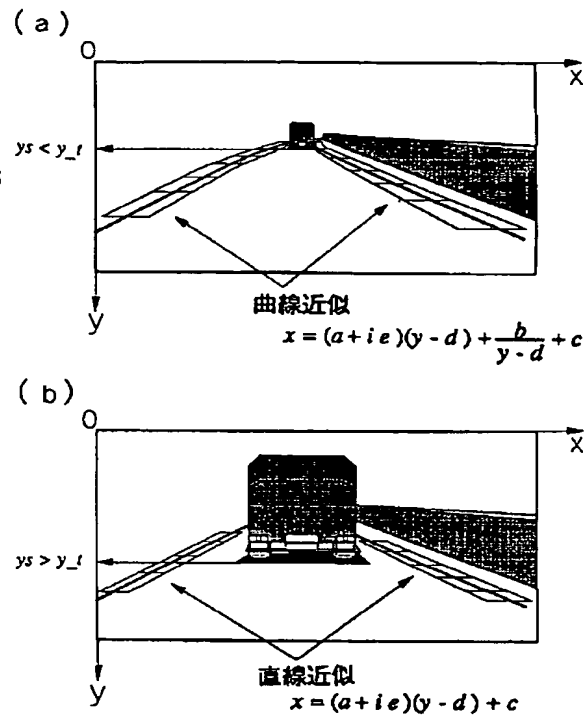
車両判定条件①

if $nh > nk * (x_i - x_0)$ then $y_i = y$

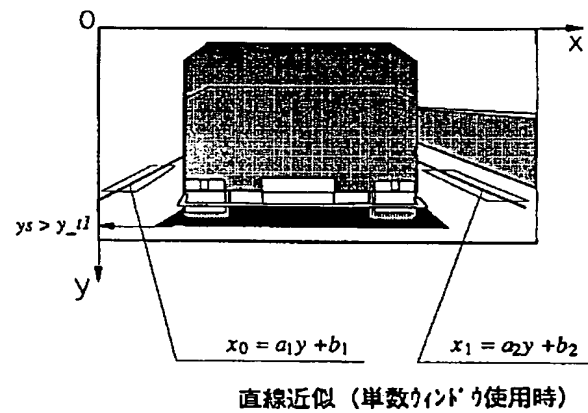
【図20】



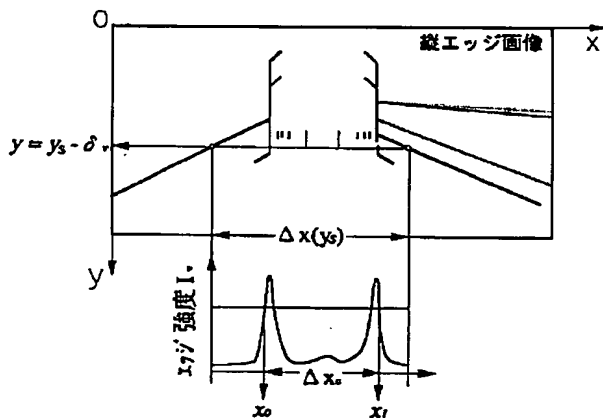
【図22】



【図29】



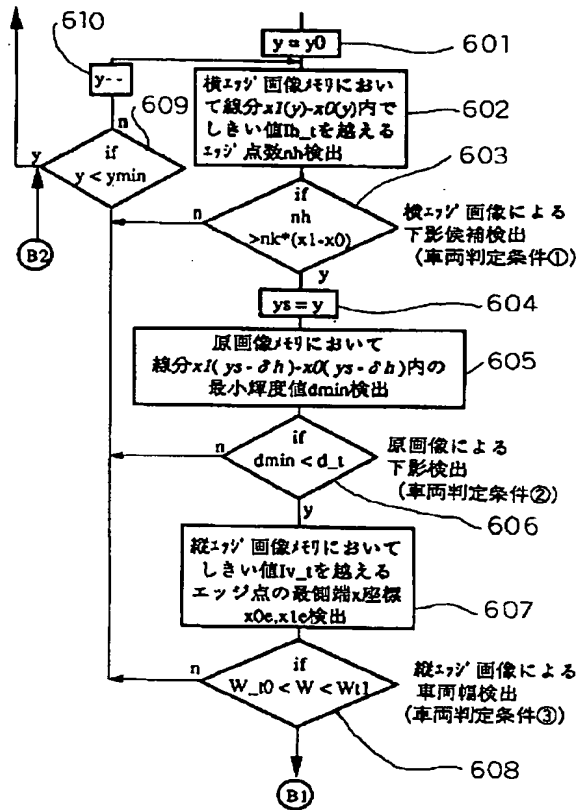
【図27】



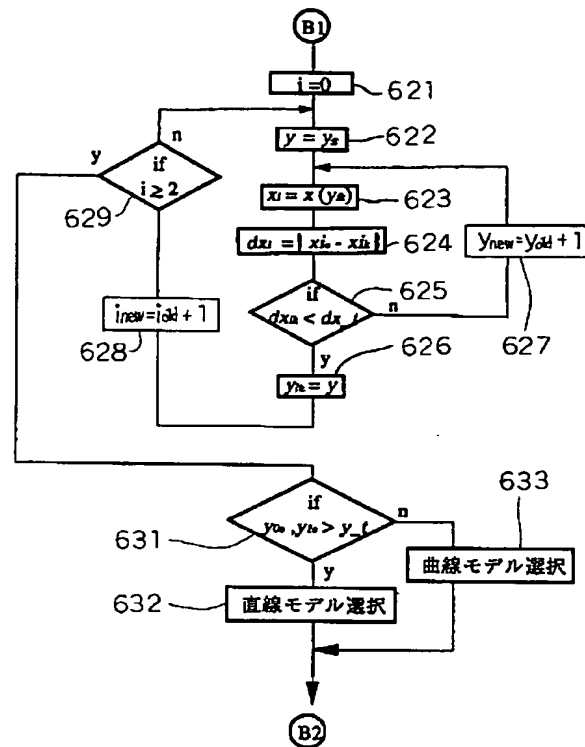
$$車幅相当量 W = E \cdot \Delta x_c / \Delta x(y_s)$$

$$車両判定条件③ \quad W_{10} < W < W_{11}$$

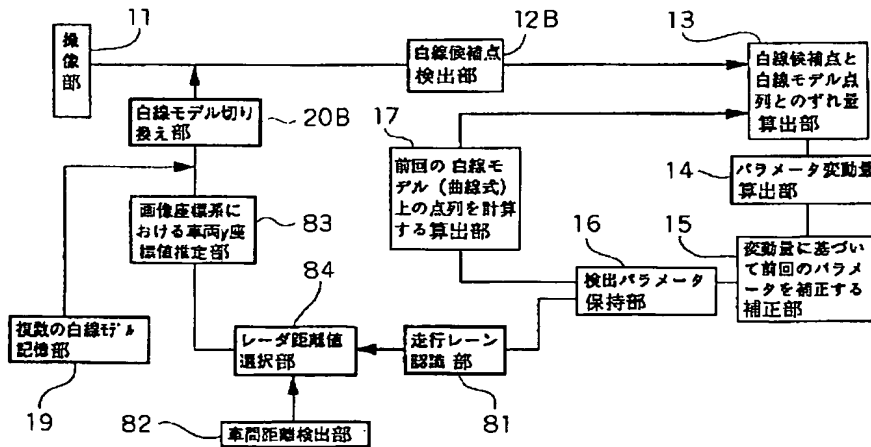
【図 23】



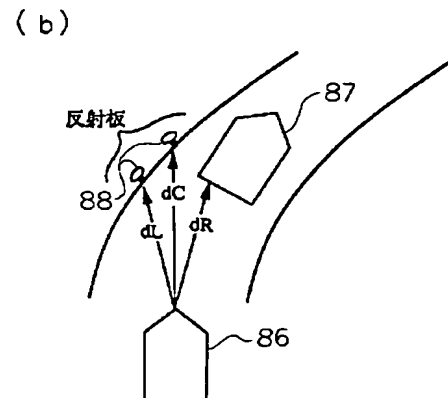
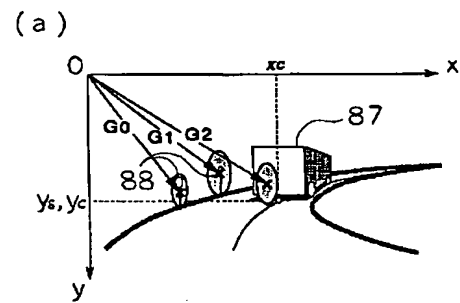
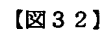
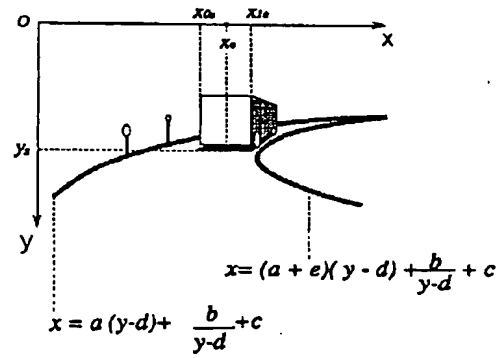
【図 24】



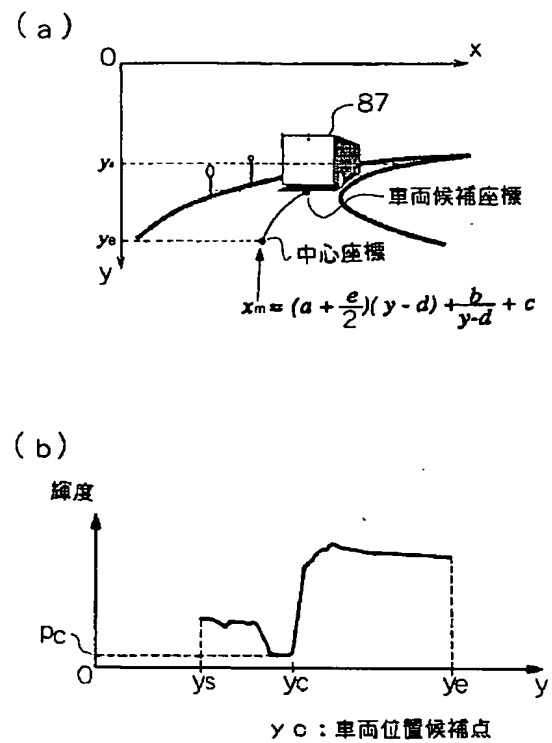
【図 30】



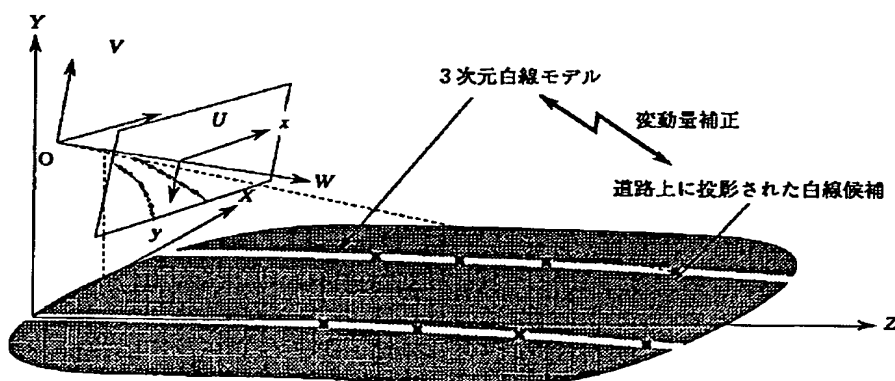
【图 3 1】



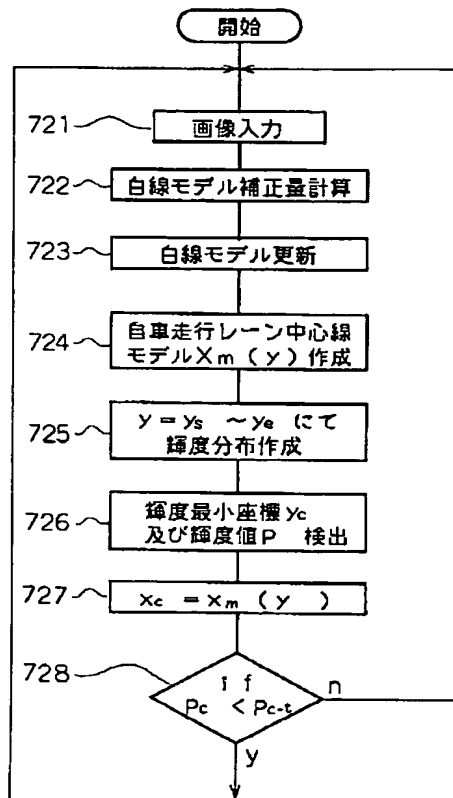
【图 3 4】



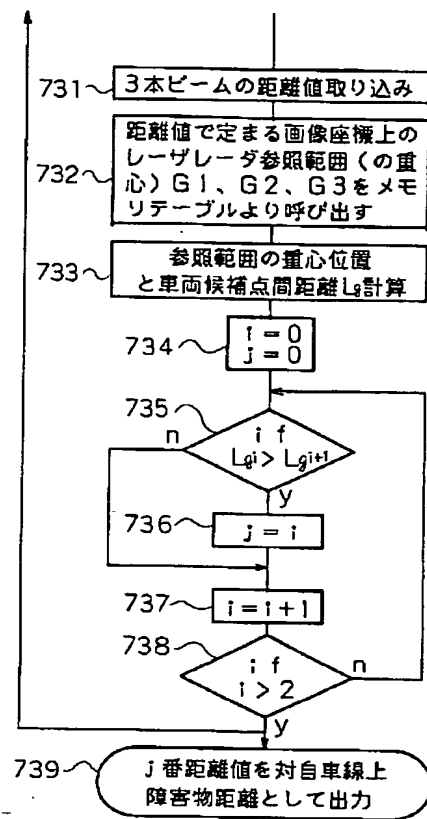
【图 3 7】



【図 35】

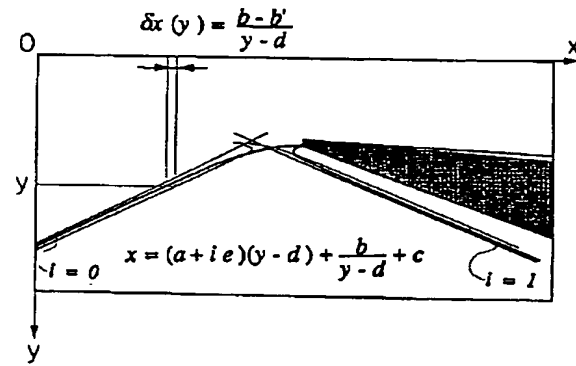


【図 36】

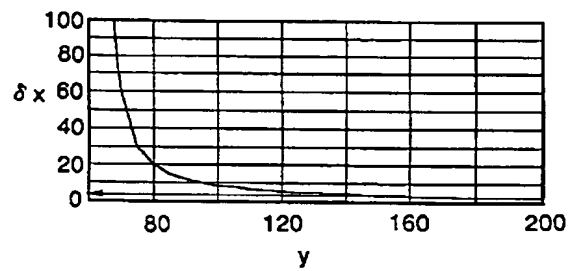


【図38】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

G 0 6 T 7/60

G 0 8 G 1/09

// G 0 5 D 1/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

V

K